

А. И. ПИСАРЕНКО

Лесо- восстановление



Москва
Издательство «Лесная промышленность»
1977

Рецензент *Е. Н. Колобов*

Лесовосстановление. Писаренко А. И. М., «Лесная промышленность», 1977. 250 с.

Рассматриваются вопросы воспроизводства лесных ресурсов: возобновление под материнским пологом и на вырубках в зависимости от лесорастительных условий и специфики организации лесохозяйственного производства, значение и возможности сохранения подроста в зависимости от технологии и применяемых машин, технология искусственного лесовосстановления. Дано технико-экономическое обоснование способов лесовосстановления.

Книга рассчитана на специалистов лесного хозяйства, а также на студентов, аспирантов и научных работников.

Табл. 44, ил. 18, библиогр. — 140 назв.

П $\frac{40502-096}{037(01)-77}$ 18—77

© Издательство «Лесная промышленность», 1977

ПРЕДИСЛОВИЕ

Лес имеет огромное народнохозяйственное значение. Несмотря на бурное развитие химической и других отраслей промышленности, древесина не только не потеряла своего значения, а наоборот, сфера ее использования значительно расширилась. Большая роль принадлежит лесу и как компоненту биосферы. С развитием промышленности и ростом населения значительно возросли санитарно-гигиенические функции леса.

Основными направлениями развития народного хозяйства на 1976—1980 гг. предусматривается в лесном хозяйстве обеспечить повышение продуктивности лесов, получение большего количества товарной древесины с 1 га лесной площади, рациональное использование лесных ресурсов; ускорить техническое переоснащение и химизацию лесного хозяйства, внедрение прогрессивных технологических схем основных лесохозяйственных работ. Особенно важное значение в решении задач, поставленных XXV съездом КПСС, имеет лесовосстановление, которое в десятой пятилетке должно быть проведено на площади 10—11 млн. га. От способов и технологии его проведения зависят рост и развитие насаждений, а также состав и продуктивность будущих лесов.

Лесокультурные работы в составе лесохозяйственного производства во многих районах занимают одно из важнейших мест, поэтому на их проведение ежегодно расходуются значительные денежные средства, выделяемые из государственного бюджета.

Научно обоснованное решение задачи повышения эффективности лесокультурного производства требует наиболее полного учета и правильной экономической оценки всех природных и производственных факторов,

связанных с лесовосстановлением. В зависимости от природно-экономических условий требуются различные затраты на создание лесных культур. Отсюда возникает необходимость выявления конкретных форм и степени влияния природных и производственных условий на формирование затрат труда и эффективность производства. При планировании роста объемов трудоемких лесовосстановительных работ учитывают необходимость проведения своевременного лесоводственного ухода, ход возобновительных процессов на вырубках, а также наличие материально-технических и трудовых ресурсов. Для сохранности и дальнейшего формирования насаждений при естественном и искусственном лесовосстановлении большое значение имеет выбор оптимальных способов и методов проведения лесоводственных уходов.

Глава I

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ

При интенсивном ведении лесного хозяйства лесные культуры, особенно созданные посадкой, более производительны, чем естественные насаждения. Впервые это доказано К. Ф. Тюрмером, который еще в 50—60-х годах прошлого столетия заложил культуры (рис. 1, 2) в Порецком лесничестве (Московская губ.). В дальнейшем вопросы лесокультурного производства получили развитие в трудах М. К. Турского, В. Д. Огиевского, В. Т. Собичевского, Н. С. Нестерова, А. П. Молчанова, Э. Э. Керна, Н. Д. Суходского, Н. К. Генко и др. Ученые и практики в течение многих лет занимались разработкой способов лесовосстановления, обеспечивающих создание высокопродуктивных и устойчивых насаждений, и созданием лесных культур на вырубасмых площадях. Однако ограниченное выделение средств не позволяло решить в полной мере ни тех, ни других вопросов. За 219 лет (1696—1914) было вырублено 67 млн. га леса, а искусственно восстановлено только 1,3 млн. га (2%), из них 0,7 млн. га на землях государственного и частновладельческого лесного фонда и 0,6 млн. га в степных и засушливых районах (Колданов, 1967).

Коренные изменения в деле лесовосстановления произошли после Великой Октябрьской социалистической революции (табл. 1).

Динамика объемов лесовосстановительных работ показывает их неуклонное возрастание в послеоктябрьский период. Если за 74 года в дореволюционной России было посеяно и посажено леса на площади всего 899 тыс. га, то за 1918—1975 гг. — более 50 млн. га, а в среднем за год 899 тыс. га. Даже в 1942—1945 гг. было посеяно и посажено 165 тыс. га лесных культур и проведены меры



Рис. 1. Культуры липы с елью в Порецком лесничестве (Уваровский лесхоз Московской области)



Рис. 2. Культуры ели в Порецком лесничестве (Уваровский лесхоз Московской области)

1. Лесовосстановительные работы за 1844—1975 гг., тыс. га

Годы	Посев и посадка	Содействие естествен- ному во- зобновле- нию	Годы	Посев и посадка	Содействие естественному возобновлению
1844—1917	899 12	310 4	1946—1950	1715 343	1011 202
1918—1927	412 41	25 3	1951—1955	2817 563	2732 546
1928—1932	534 107	25 5	1956—1960	3196 639	3395 679
1933—1937	684 137	47 9	1961—1965	5736 1147	3660 732
1938—1941	964 241	90 22	1966—1970	6440 1238	4760 832
1942—1945	165 41	80 20	1971—1975	6800 1260	5385 1077

Примечание. Над чертой — всего, под чертой — в среднем за год.

содействия естественному возобновлению на площади 80 тыс. га. В послевоенный период работы по лесовосстановлению начали резко расширяться, хотя и не охватывали всех районов и площадей, нуждающихся в лесовосстановлении. За послевоенную пятилетку лесовосстановление проведено на площади 2726 тыс. га, в том числе и посев и посадка осуществлены на площади 1715 тыс. га, а объем работ последнего года пятилетки был почти в 5 раз больше, чем в первом году, в 2 раза больше, чем в последнем предвоенном году.

В 50-х годах ставилась задача осуществления лесовосстановительных работ прежде всего в густонаселенных районах центра и юга европейской части страны. Это было естественно, так как именно в этих районах лесные запасы нуждались в восстановлении после вырубок военных и первых послевоенных лет. Но с конца 50-х и начала 60-х годов определяется необходимость и появляется возможность значительного расширения лесовосстановительных работ в многолесных районах, куда переместились основные объемы лесозаготовок. К то-

му времени единственным способом лесовосстановления в этих районах было естественное возобновление. Анализ естественного возобновления вырубок предвоенных и военных лет (когда преобладали узкие лесосеки, конная трелевка оставляла источники обсеменения) показывает, что, как правило, почти все лесосеки возобновились удовлетворительно, за исключением тех, где применяли неправильную систему рубок или произошли какие-то стихийные бедствия.

В последующем, с внедрением механизации, перешли к концентрированным лесосекам при тракторной трелевке, что сопровождалось увеличением площади лесосек, а также постепенным отходом от соблюдения ранее действовавших правил рубок главного пользования и прежде всего оставления семенников. Все это в совокупности начало сказываться на успешности естественного возобновления вырубок: удлинялись сроки и основные хозяйственно ценные породы сменялись второстепенными, менее ценными мягколиственными породами. За 1951—1966 гг. в большинстве областей таежной зоны удельный вес молодняков мягколиственных пород возрос на 1—8%. Эти изменения в составе лесопокрытой площади объясняются не только различиями в биологических особенностях естественного возобновления хвойных и лиственных пород, которые заключаются в более частом и обильном плодоношении и большей способности к порослевому размножению последних, но и недостатками в деле рубок и лесовосстановления и прежде всего уничтожением подроста во время рубок.

Сохранению подроста вплоть до 60-х годов практически не уделялось никакого внимания. Более того, внедрением на лесозаготовках электропил правилами предусматривалось уничтожение подроста на лесосеке перед началом рубки. Позднее, в связи с широким внедрением бензиномоторных пил, это правило было упразднено, но сложившаяся технология валки и трелевки приводила к уничтожению 80—90% подроста.

При повсеместном уничтожении предварительного возобновления и невозможности обеспечить вырубаемые площади искусственным лесовосстановлением основная ставка делалась на последующее естественное возобновление. Однако даже и там, где метод мог дать положительный результат, часто не выполняли основные

лесоводственные требования: семенники не оставляли совсем или в недостаточном количестве, минерализацию почвы проводили без учета периодичности плодоношения и часто не в соответствии с агротехническими требованиями.

Искусственное лесовосстановление к этому периоду в таежной зоне только начинало развиваться и не могло еще сделать коренного перелома в возобновлении вырубок, так как объемы работ были невелики, а качество проводимых мероприятий оставалось низким. По данным учета лесного фонда на 1 января 1966 г., в целом по таежной зоне было учтено 1242,3 тыс. га лесных культур, что составило 1,1 % от общей лесной площади.

Аэросев, вошедший в практику искусственного лесовосстановления таежной зоны с начала 50-х годов, хотя и был проведен за период до 1966 г. в целом по таежной зоне на площади 220,3 тыс. га, но давал очень низкую эффективность — 37 % с колебаниями от 78 % в Вологодской области до 21 % в Удмуртской АССР. Для получения высокой эффективности аэросева необходимо правильно подбирать площади, соблюдать установленные сроки и осуществлять последующий уход за всходами.

Самое широкое распространение в этот период получил способ создания культур посевом, но их приживаемость была невысокой — 49—75 %. Значительно больший процент приживаемости давали культуры, созданные посадкой, однако удельный вес их в общем объеме искусственного лесовосстановления был незначительным. Этот способ только начинали внедрять в производство, поэтому были существенные недостатки (неправильный подбор площадей, несоответствие качества подготовки почвы условиям местопроизрастания, применение нестандартного посадочного материала, зачастую малое количество посадочных мест), однако приживаемость постепенно возрастала: с 57—74 % в 1952—1961 гг. до 65—90 % в 1962—1966 гг. Успешное формирование насаждений с преобладанием желательной главной породы, особенно сосны, на площадях последующего возобновления в значительной мере определяется и своевременным проведением первичного лесоводственного ухода.

Следует отметить, что происшедшие за последние годы изменения в объемах и структуре лесовосстановительных работ значительно сократили нежелательную

смену хвойных пород мягколиственными. Начиная с 1961 г. особенно увеличены объемы лесовосстановительных работ в многолесных районах РСФСР, поэтому с новой остротой встал вопрос о способах их проведения, тем более что они зависят от природных и экономических условий, а также от применяемых способов рубок.

История и практика показывают, что только естественное или только искусственное лесовосстановление не оправдывает себя и приводит либо к нерациональному использованию земельных площадей, либо к ненужным затратам труда и средств. В многолесных районах таежной зоны с экстенсивной формой ведения лесного хозяйства естественное возобновление главных древесных пород еще на долгое время останется основным методом воспроизводства лесных ресурсов на огромных площадях вырубок, поскольку оно продиктовано объективным ходом развития лесного хозяйства и реальными природно-экономическими условиями. В малолесных районах зоны интенсивного ведения лесного хозяйства основным методом воспроизводства лесных ресурсов уже давно стало искусственное лесовосстановление, которое необходимо развивать, улучшать качество проводимых работ и повышать их экономическую эффективность. Дальнейшая интенсификация лесокультурного производства в этих районах должна идти по пути наиболее полного использования почвенно-климатических условий и биологических возможностей культивируемых пород.

В многолесной зоне РСФСР дальнейшее повышение качества лесовосстановительных работ связано прежде всего с выбором способов их проведения и определением оптимального соотношения естественного и искусственного лесовосстановления. Пути повышения качества — это сохранение жизнеспособного подроста главных пород при лесозаготовках, улучшение лесосеменного хозяйства, переход на более эффективные способы лесовосстановления, использование средств химии при выращивании посадочного материала в лесных питомниках, проведение ухода за лесными культурами и молодняками, комплексная механизация всех производственных процессов, внедрение достижений науки и передового опыта.

Прежде всего необходимо отметить, что эффективность проводимых мер содействия естественному во-

зобновлению постоянно возрастает: 72,5% — по данным инвентаризации 1965 г. (мероприятия проводили в 1960 г.), 84,5% в 1970 г. и 87,2% в 1975 г. Хотя эффективность последующего естественного возобновления не достигла желаемых результатов, но за этот период резко возросла роль более эффективного метода предвари-

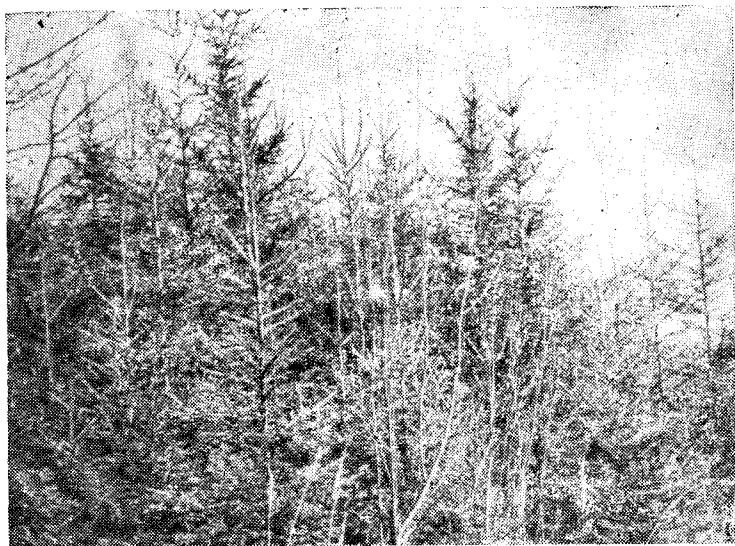


Рис. 3. Куртина подроста, сохраненная при разработке лесосеки на 8-летней вырубке

тельного возобновления. Разработаны и широко внедрены в производство новые технологические схемы лесосечных работ, при которых обеспечивается сохранение молодняка и подроста при лесозаготовках (рис. 3). Так, в 1960 г. молодняк и подрост были сохранены на площади 29,5 тыс. га; в 1965 г. — 484,8; в 1970 г. — уже 911,8 и в 1975 г. — 926,7 тыс. га. Сохранение подроста позволяет на 15—20 лет сократить срок выращивания леса, уменьшает потребность в технике, семенах и посадочном материале. Расчеты показывают, что в этом случае затраты труда сокращаются в среднем на 10 чел. дней и 50 руб/га денежных средств. При достаточном количестве подроста на лесосеках по сути дела гаранти-

руется воспроизводство леса хозяйственно ценными породами и не требуются другие лесовосстановительные мероприятия.

Необходимость сохранения подроста следует учитывать при разработке и конструировании лесозаготовительных машин, в то время как в основном внимание уделяется достижению более высокой производительности труда на лесозаготовительных операциях. Более того, применение этих машин часто приводит к такому изменению лесорастительных условий, в которых последующее естественное возобновление не может проходить; помимо этого, разрушаются природные комплексы и возникают нежелательные процессы эрозии почвы, нарушается водный баланс и др. В результате там, где были потенциальные возможности естественного возобновления, требуются дополнительные затраты труда и денежных средств на искусственное лесовосстановление. Много зависит и от рационального применения техники. Так, при трелевке бесчokerным трелевочным трактором ТБ-1 хлыстов за комель уничтожается 80—90% подроста, при трелевке за вершину сохраняется более 50% его.

Искусственное лесовосстановление проводится на огромных площадях. За последние два пятилетия среднегодовые объемы лесовосстановительных работ превысили 2 млн. га, в том числе посев и посадка — 1,2 млн. га, причем особенно возрос удельный вес посадки: в 1972 г. он составлял 74%, в 1973—80, в 1974—82 и в 1975—83,7%. Основное место в культурах занимают хвойные породы — в целом по стране 83% (в том числе сосна около 56 и ель 25%), а в многолесных районах европейской части Сибири и Дальнего Востока 98—99%.

В 50-х годах основной объем искусственного лесовосстановления был сосредоточен в центральных и южных районах европейской части СССР; в 1965 г. в европейской части производилось 80% общего количества посевов и посадок, а в азиатской 20%; в 1972 г. — соответственно 74 и 26%, в 1973 г. — 69 и 31%, в 1974—61 и 39%. За последние два пятилетия резко возрос объем лесокультурных работ в зоне тайги европейской части РСФСР (здесь площадь лесных культур увеличилась в 3,3 раза), особенно в ее северной части: в Архангельской области и Карельской АССР — в 5—6 раз и в Вологодской обла-

сти в 9 раз при увеличении площади годичной лесосеки в целом по зоне на 8% (табл. 2). Такой рост темпов лесокультурных работ в таежной зоне, где два-три десятилетия назад лесными культурами в широком плане вообще не занимались, безусловно положительный фактор, поскольку позволяет более успешно, чем при других способах лесовосстановления, регулировать состав формирующихся на вырубках насаждений. Соотношение площадей сплошных вырубок и создаваемых лесных культур можно проследить по данным табл. 3.

2. Сравнительные результаты создания лесных культур, тыс. га

Область, АССР	Создание лесных культур		Результат 1966—1970 гг. к периоду до 1966 г.
	до 1966 г.	в 1966— 1970 гг.	
Архангельская	221,7	231,6	+9,9
Вологодская	129,6	121,8	—6,8
Карельская АССР	205,4	231,8	+26,4
Коми АССР	61,7	91,6	+29,9
Кировская	176,7	127,5	—49,2
Костромская	164,2	102,0	—62,2
Ленинградская	123,0	83,1	—39,9
Мурманская	8,0	10,4	+2,4
Удмуртская АССР	153,0	44,2	—109,8

В целом по таежной зоне в 1966—1970 гг. было вырублено сплошными рубками 617,2 тыс. га, а лесные культуры созданы на площади 208,6 тыс. га (33,8%); в 1971—1975 гг. площадь сплошных рубок увеличилась, в то время как доля участия лесных культур несколько снизилась, хотя в Карельской АССР, Костромской области и Удмуртской АССР их удельный вес возрос; очень низок удельный вес лесных культур в Коми АССР (10,1%) и особенно в Мурманской области (4,2%).

Анализ материалов перевода лесных культур в покрытую лесом площадь показывает в целом по зоне хорошие результаты (хотя и с колебаниями по областным и автономным республикам), причем подавляющую часть составляют хвойные насаждения. Следует отметить, что в северных областях значительные территории не переведены в покрытую лесом площадь в установленный срок; большая часть культур списана как погибшая,

**3. Соотношение между рубкой и лесовосстановлением
в среднем за год в таежной зоне европейской части РСФСР**

Область, АССР	Вырублено сплошными рубками, тыс. га	Создано лесных культур, тыс. га	Отношение культур к площади вырубок, %
Архангельская	119,0	46,3	38,9
	142,7	45,6	31,9
Вологодская	61,1	24,3	37,3
	74,1	24,4	32,9
Карельская АССР	108,0	46,3	42,9
	120,7	54,3	44,2
Кировская	69,1	25,5	36,9
	74,2	25,2	33,6
Коми АССР	168,1	18,3	10,9
	196,2	19,9	10,1
Костромская	37,3	20,4	54,6
	33,1	27,9	84,2
Ленинградская	20,0	16,6	83,0
	20,6	14,0	67,9
Мурманская	13,9	2,0	14,3
	22,8	0,9	4,2
Удмуртская АССР	16,7	8,9	53,3
	17,2	9,5	56,6

Примечание. Над чертой — данные за 1966—1970 гг., под чертой — за 1971—1975 гг.

причем погибли в основном культуры, созданные аэро-сеем, который в последнее время применяется в очень ограниченных масштабах и только на специально подобранных свежих лесосеках и рубках, пройденных пожаром.

В зоне смешанных лесов основным способом лесовосстановления является создание лесных культур. В начальный период лесные культуры создавали преимущественно на не покрытых лесом площадях: малоплодородных пашнях, полянах и прогалинах. На рубках культуры создавали в ограниченном количестве и, как

правило, при сплошной раскорчевке после 1—2-летнего сельскохозяйственного пользования. В настоящее время лесовосстановительные работы проводят в основном на свежих вырубках (рис. 4). В среднем в зоне смешанных лесов вырубали в 1966—1970 гг. 149,7 тыс. га в год, в 1971—1975 гг. — 129,4 тыс. га. Почти во всех областях



Рис. 4. Культуры ели по пластам ПКЛ-70 в возрасте 14 лет

площади вырубок имели тенденцию к незначительному сокращению, за исключением Горьковской области, где они сильно уменьшились, и только во Владимирской и Ивановской областях несколько увеличились. Вырубаемые площади восстанавливались преимущественно посадкой (табл. 4).

В Брянской области, которая располагается в основном в зоне широколиственных лесов и лишь немногим более $\frac{1}{4}$ — в зоне смешанных лесов, культуры сосны занимают около 70%, хотя доля сосновых насаждений не превышает 43% покрытой лесом площади; для ели эти показатели составляют соответственно 5 и 20%. В целом площадь культур больше площади вырубок. Во Владимирской области, которая полностью входит в подзону хвойных лесов с липой и дубом зоны смешанных лесов,

**4. Соотношение между рубкой и лесовосстановлением
в среднем за год в зоне смешанных лесов европейской части
РСФСР**

Область, АССР	Вырублено сплошными рубками, тыс. га	Создано лесных культур, тыс. га	Отношение культур к площади вырубок, %
Брянская	5,4	5,5	101,8
	5,0	5,9	118,3
Владимирская	7,8	7,2	92,3
	7,2	9,0	113,9
Горьковская	32,3	20,6	63,8
	26,7	23,9	89,6
Ивановская	7,4	8,8	118,9
	7,6	8,5	112,1
Калининская	16,4	13,2	80,5
	15,8	11,6	73,1
Калужская	4,9	6,1	124,5
	4,6	5,1	112,0
Московская	5,3	8,3	156,6
	5,1	8,8	175,0
Мордовская АССР	5,8	6,3	108,6
	5,7	5,9	104,6
Новгородская	11,8	8,4	71,2
	11,1	8,2	73,9
Псковская	5,6	4,6	82,1
	5,0	4,8	96,6
Рязанская	6,6	5,2	78,8
	6,3	5,7	91,5
Смоленская	6,6	8,2	118,1
	5,7	7,5	130,8
Татарская АССР	12,2	11,6	95,1
	11,2	10,0	89,9
Чувашская АССР	5,5	4,6	83,6
	5,5	4,9	89,5

Область, АССР	Вырублено сплошными рубками, тыс. га	Создано лесных культур, тыс. га	Отношение культур к площади вырубок, %
Ярославская	<u>6,6</u> 6,3	<u>7,9</u> 8,0	<u>118,1</u> 127,0

Примечание. Над чертой — данные за 1966—1970 гг., под чертой — за 1971—1975 гг.

культуры сосны занимают около 90% площади, хотя доля сосновых насаждений составляет 54%. В 1966—1970 гг. отдавалось предпочтение сосне, но изменение структуры вырубаемых площадей приводит к заметному увеличению удельного веса ели в искусственном лесовосстановлении. В 1971—1975 гг. увеличились площади вырубок и более чем на 25% площади лесных культур. В Горьковской области при большом разнообразии почвенно-климатических условий главной породой в культурах оставалась сосна. Культуры на вырубках создавали как посадкой, так и посевом. Здесь постоянно возрастает площадь искусственного лесовосстановления, причем удельный вес лесных культур к площади вырубок возрос более чем на 25%. Для Ивановской области, полностью входящей в зону смешанных лесов, характерно устойчивое искусственное лесовосстановление, причем площадь лесных культур превышает площадь сплошных вырубок. В Калининской области площадь лесовосстановления превышает площадь вырубок, хотя доля лесных культур здесь наименьшая.

В Калужской и Московской областях и Мордовской АССР на протяжении последних 10 лет площадь лесных культур превышает площадь вырубок. В Калужской области заметно снижается доля сосны в культурах, а доля ели увеличивается (как и в других областях); одна из причин этого — повреждение культур сосны личинками майского хруща и особенно лосями. В Новгородской, Псковской и Рязанской областях несколько уменьшилась площадь вырубок и увеличилась площадь лесных культур со значительным участием ели; в Псковской области культуры сосны и ели по площади примерно равны. В культурах Смоленской области ель занимает более 70% и наблюдается дальнейшее увеличение. В

Татарской АССР несколько снизились площади сплошных рубок и лесных культур. В Чувашской АССР и Ярославской области площади лесных культур значительно превышают площади сплошных вырубок.

Почти во всех областях зоны смешанных лесов создают чистые культуры; 85—96% занимают чистые культуры сосны и ели. Лишь в последнее время наблюдается заметное увеличение смешанных культур, особенно в связи с внедрением лиственницы.

Средняя приживаемость лесных культур колеблется в пределах 86—96% и в последнее время несколько увеличивается. Косвенным подтверждением этого является и то, что в меньшей мере требуется дополнение, а в ряде случаев и совсем не требуется. В среднем работы по дополнению охватывают 10—15% площади создаваемых культур. Это объясняется большим вниманием и высокой требовательностью, а также применением более высокой агротехники при их создании.

Анализ эффективности лесных культур показывает, что почти 95% их в целом по зоне переведено в покрытую лесом площадь. Часть культур погибла в результате пожаров и засух. В некоторых областях значительные площади лесных культур не переведены в покрытую лесом площадь в установленный срок вследствие несвоевременного проведения агротехнических и лесоводственных уходов.

В лесостепной зоне рубки главного пользования проводят в основном в соответствии с расчетной лесосекой, и если в 1966—1970 гг. вырубали ежегодно в среднем 28,2 тыс. га, то в последующие годы — 25,62 тыс. га (табл. 5). Лесокультурные работы в этой зоне интенсивного ведения хозяйства практически осуществляют только на текущих лесосеках, а также в порядке реконструкции малоценных насаждений. Огромный опыт создания лесных культур обеспечивает достаточно высокое их качество.

Данные табл. 5. показывают, что в этой зоне площади создаваемых лесных культур в целом превышают площади вырубок и их отношение в 1966—1970 гг. составило 118,4%, а в 1971—1975 гг. — 119,9%. Особенно большая разница на протяжении 10 лет между рубкой и созданием лесных культур наблюдается в Курской, Белгородской, Воронежской, Липецкой, Орловской и

**5. Соотношение между рубкой и лесовосстановлением
в лесостепной зоне**

Область	Вырублено сплошными рубками, тыс. га	Создано лесных культур, тыс. га	Отношение культур к площади вырубок, %
Белгородская	0,5	1,5	300,0
	0,6	0,8	136,7
Воронежская	2,3	3,4	147,8
	2,2	3,2	146,4
Курская	1,0	3,9	390,0
	0,5	2,2	419,2
Липецкая	0,8	1,4	175,0
	0,9	1,2	128,9
Орловская	0,7	1,5	214,3
	0,7	1,3	180,0
Пензенская	7,7	7,5	96,1
	6,9	7,9	113,4
Тамбовская	2,8	2,4	85,7
	2,9	2,9	100,4
Тульская	2,1	2,6	123,3
	1,7	3,6	203,4
Ульяновская	10,3	9,2	89,3
	29,2	3,0	87,0

Примечание. Над чертой — данные за 1966—1970 гг., под чертой — за 1971—1975 гг.

Тульской областях. В 1966—1970 гг. несколько меньше создавалось лесных культур по отношению к площади вырубок в Пензенской, Тамбовской и Ульяновской областях, а в 1971—1975 гг. — только в Ульяновской, причем удельный вес лесных культур относительно площади вырубок даже снизился. Повсеместное превышение площадей создаваемых лесных культур по сравнению с площадями сплошных вырубок в этой зоне объясняется тем, что лесные культуры создавались частично под пологом леса, а также за счет реконструкции малоценных насаждений.

Соотношение вырубаемых площадей и создаваемых лесных культур за 10-летие в целом по рассмотренным зонам европейской части РСФСР приведено в табл. 6.

6. Соотношение между рубкой и лесовосстановлением по лесорастительным зонам

Лесорастительная зона	Вырублено сплошными рубками, тыс. га	Создано лесных культур, тыс. га	Отношение культур к площади вырубок, %
Таежная	617,2	208,6	33,8
	702,6	220,7	31,4
Смешанных лесов	149,7	135,2	90,3
	129,4	118,4	92,7
Лесостепная	28,2	33,4	118,4
	25,6	30,7	119,8

Примечание. Над чертой — данные за 1966—1970 гг., под чертой — за 1971—1975 гг.

Анализ данных табл. 6 показывает, что в таежной зоне в 1971—1975 гг. значительно увеличилась площадь вырубок по сравнению с 1966—1970 гг. и при абсолютном росте объемов лесных культур несколько снизился их процент к площади сплошных вырубок. В зонах смешанных лесов и лесостепной площадь сплошных вырубок уменьшалась, а процент лесных культур к ним возрастал.

В последние годы при рассмотрении вопроса о состоянии и мерах по улучшению лесовосстановительных работ в лесах РСФСР неоднократно отмечалось, что в целом по республике ликвидирован разрыв между рубкой леса и его восстановлением: при лесосечных работах широко применяется технология, позволяющая сохранить жизнеспособный подрост; на необлесившихся вырубках создаются лесные культуры сосны, ели и других хозяйственно ценных пород; проводится работа по дальнейшему развитию и укреплению лесосеменной базы и питомнического хозяйства.

При анализе лесовосстановительных работ по лесорастительным зонам использованы ранее разработанные нормативы соотношения искусственного и естественного

возобновления (Писаренко, 1973) для вычисления расчетной потребности по видам лесовосстановительных работ и сравнения с их фактическими объемами (табл. 7—10).

7. Расчетное и фактическое лесовосстановление в таежной зоне за 1971—1975 гг., тыс. га

Область, АССР	Площадь вы- рубок	Посев, по- садка	Сохранение подроста	Естественное возобновление	Результат
Архангельская	142,75	36,92	88,04	17,04	—16,0
		45,56	64,13	17,04	
Вологодская	74,15	22,24	33,36	18,53	—10,68
		24,41	20,53	18,53	
Карельская АССР	120,7	36,21	55,52	28,96	+13,23
		53,30	51,67	28,96	
Кировская	74,97	26,98	29,98	17,99	+8,46
		25,23	40,21	17,99	
Коми АССР	196,2	39,24	127,53	29,43	—40,57
		19,89	106,31	29,43	
Костромская	33,15	12,92	13,92	6,29	+13,06
		27,90	12,02	6,29	
Ленинградская	20,62	12,78	4,12	3,71	+0,81
		14,00	3,72	3,71	
Мурманская	22,85	5,71	13,25	3,88	—9,78
		0,96	8,23	3,88	
Удмуртская АССР	17,2	7,91	6,02	3,26	+4,56
		9,46	9,04	3,26	

Примечание. Над чертой — расчетная потребность, под чертой — фактические объемы.

Данные табл. 7 показывают, что в целом по таежной зоне европейской части РСФСР лесовосстановление ежегодно не обеспечивается на площади около 37 тыс. га. Наибольшая площадь, не обеспеченная мерами лесовосстановления, отмечается в Коми АССР и Мурманской области, хотя не полностью обеспечивается лесом.

**8. Расчетное и фактическое ежегодное лесовосстановление
в зоне смешанных лесов за 1971—1975 гг., тыс. га**

Область, АССР	Площадь вы- рубок	Посев, по- садка	Сохранение подроста	Естественное возобновление	Результат
Брянская	5,02	3,51	0,7	0,8	+1,92
		5,94	0,2	0,8	
Владимирская	7,90	5,37	1,34	1,18	+2,94
		9,00	0,66	1,18	
Горьковская	26,73	17,08	5,07	4,53	+8,47
		23,92	6,72	4,53	
Ивановская	7,62	5,10	1,44	1,06	+4,02
		8,54	2,04	1,06	
Калининская	15,85	8,87	2,53	2,85	+4,04
		11,59	5,45	2,85	
Калужская	4,57	3,70	0,45	0,41	+1,42
		5,12	0,46	0,41	
Московская	5,05	4,04	0,65	0,35	+4,80
		8,84	0,66	0,35	
Мордовская АССР	5,70	4,90	0,34	0,45	+1,21
		5,96	0,5	0,45	
Новгородская	11,10	7,21	1,99	1,88	+3,22
		8,20	4,24	1,88	
Псковская	4,97	3,47	0,74	0,74	+1,35
		4,85	0,78	0,74	
Рязанская	6,25	5,12	0,75	0,37	+0,34
		5,72	0,5	0,37	
Смоленская	5,72	4,80	0,45	0,46	+3,26
		7,48	1,04	0,46	
Татарская АССР	11,15	9,70	0,55	0,89	-0,20
		10,02	0,04	0,89	

Область, АССР	Площадь вы- рубок	Посев, по- садка	Сохранение подроста	Естественное возобновление	Результат
Чувашская АССР	5,50	4,73	0,33	0,44	+1,18
		4,92	1,32	0,44	
Ярославская	6,30	4,66	1,0	0,63	+3,03
		8,0	0,7	0,63	

Примечание. Над чертой — расчетная потребность, под чертой — фактические объемы.

восстановление в Архангельской и Вологодской областях. Самый низкий удельный вес лесных культур по сравнению с потребностью наблюдается в Мурманской области и Коми АССР. Во всех других областях, кроме Мурманской и Коми АССР, лесных культур фактически создается больше расчетной потребности. Так, в целом по таежной зоне, по расчетам, требовалось создавать 200,91 тыс. га, а фактически создавалось 220,71 тыс. га, т. е. с превышением на 19,8 тыс. га. Однако значительно хуже обстоит дело с сохранением подроста. По расчетам, в целом по зоне должно сохраняться 371,74 тыс. га подроста, а фактически сохранялось лишь 315,86 тыс. га, или меньше на 55,88 тыс. га ежегодно. Подроста сохранялось больше расчетной величины лишь в Кировской области и Удмуртской АССР. Данные табл. 8. показывают, что фактический объем лесовосстановительных работ значительно превышает расчетную потребность по всем областям и автономным республикам, за исключением Татарской АССР, где за счет малого количества сохраняемого подроста ежегодно не обеспечивалось лесовосстановлением 0,2 тыс. га.

В целом по зоне ежегодно необходимо создавать 92,26 тыс. га лесных культур, а фактический объем работ 128,05 тыс. га, т. е. превышение составляет 35,79 тыс. га; сохранение подроста превышает расчетную величину, хотя в Брянской, Владимирской, Рязанской и Ярославской областях этот показатель меньше норматива; общий объем лесовосстановления превышает площадь сплошных рубок на 41 тыс. га, что объясняется

**9. Расчетное и фактическое лесовосстановление
в лесостепной зоне за 1971—1975 гг. тыс. га**

Область	Площадь вырубок	Посев, по- садка	Естественное возобновле- ние	Результат
Белгородская	0,60	<u>0,56</u> 0,82	<u>0,03</u> —	+0,22
Воронежская	2,20	<u>1,95</u> 3,22	<u>0,25</u> —	+1,02
Курская	0,52	<u>0,48</u> 2,18	<u>0,04</u> —	+1,66
Липецкая	0,90	<u>0,81</u> 1,16	<u>0,09</u> —	+0,26
Орловская	0,70	<u>0,67</u> 1,26	<u>0,03</u> —	+0,56
Пензенская	6,95	<u>5,97</u> 7,88	<u>0,98</u> 0,20	+1,13
Тамбовская	2,85	<u>2,53</u> 2,86	<u>0,32</u> —	+0,01
Тульская	1,75	<u>1,54</u> 3,56	<u>0,21</u> —	+1,81
Ульяновская	9,15	<u>7,50</u> 7,96	<u>1,65</u> 0,70	—0,49

Примечание. Над чертой — расчетная потребность, под чертой — фактические объемы.

созданием лесных культур не только на свежих вырубках, но и на других категориях не покрытых лесом площадей. Положение, по которому управления лесного хозяйства относят к соответствующей категории оплаты труда по объему выполняемых лесокультурных работ, стимулирует работников сохранять объемы работ на должном уровне, так как в противном случае они будут переведены в другую категорию со снижением заработной платы.

Во всех областях лесостепной зоны площадь посева и посадки леса превышает расчетные показатели и, кро-

**10. Расчетное и фактическое ежегодное лесовосстановление
по лесорастительным зонам европейской части РСФСР
за 1971—1975 гг., тыс. га**

Лесорастительные зоны	Площадь вы- рубок	Посев, по- садка	Сохранение подроста	Естественное возобновле- ние	Итого	Результат
Таежная	702,59	200,91	371,74	129,09	702,59	—36,93
		220,71	315,86	129,09	665,66	
Смешанных лесов	129,4	92,26	20,10	18,79	129,4	+41,00
		128,05	25,31	18,79	170,4	
Лесостепная	25,62	22,01		3,52	25,62	+6,18
		30,70		0,90	31,80	

Примечание. Над чертой — расчетная потребность, под чертой — фактические объемы.

ме Ульяновской области, площадь лесных культур значительно больше площади вырубок. По расчетам, здесь следует создавать ежегодно 22,01 тыс. га лесных культур, а фактическая цифра 30,7 тыс. га, т. е. ее превышение составляет 8,69 тыс. га. В то же время, по расчетам, требуются меры содействия естественному возобновлению на площади 3,52 тыс. га, а фактический показатель 0,9 тыс. га, в результате чего общее превышение лесовосстановительных мероприятий в целом по зоне составило 6,18 тыс. га, но в Ульяновской области фактическое лесовосстановление не обеспечено на площади 0,49 тыс. га.

Таким образом, в целом в европейской части РСФСР площадь лесовосстановления превышает расчетную потребность (за исключением таежной зоны) на 64,28 тыс. га, а сохранение подроста меньше на 53,29 тыс. га. Основная задача в настоящее время — улучшение качества лесовосстановительных работ. Для этого необходимо использовать высококачественные элитные семена, что требует в свою очередь создания устойчивой лесосеменной базы в зонально-географическом разрезе на основе маточных плантаций. Семена следует собирать в естественных высокобонитетных насаждениях, приурочивая их рубку к семенным годам.

При лесовосстановлении необходимо максимально

использовать естественные воспроизводительные способности лесов. В таежной зоне основное внимание должно быть направлено на естественное возобновление и сохранение подроста при лесозаготовках, что позволяет сократить сроки лесовыращивания и снизить до минимума затраты труда и средств.

Искусственное лесовосстановление при географической дифференциации методов и способов на основе правильного подбора древесных пород следует осуществлять на базе прогрессивной агротехники и технологии, широкой механизации и автоматизации посева и посадки леса. Целесообразно расширить посадку леса крупномерным посадочным материалом и саженцами с закрытой корневой системой, что позволит значительно сократить количество высаживаемых растений, повысить качество лесных культур и уменьшить расходы на уход за ними.

В зонах смешанных лесов и лесостепной для дальнейшего повышения качества лесовосстановительных работ необходимо улучшить породный состав насаждений и агротехнику их создания, своевременно культивировать текущие лесосски хозяйственно ценными и высокопроизводительными древесными породами, проводить своевременный агротехнический и лесоводственный уход.

В лесостепной зоне при создании лесных культур на свежих лесосеках основное внимание должно быть уделено дальнейшему повышению их качества, а также задачам реконструкции малоценных насаждений в направлении обеспечения формирования высокопродуктивных древостоев и перевода низкоствольных дубовых древостоев в высокоствольные.

Интенсивное развитие промышленности и потребление древесины привело к широкому развертыванию лесовосстановительных работ во многих странах. Особый размах получило развитие лесовосстановления и лесоразведения в социалистических странах, выделяющих для этих целей специальные средства. Сильно пострадавшие в период второй мировой войны леса Болгарии, Венгрии, Чехословакии, Польши, ГДР и Румынии в послевоенный период интенсивно восстанавливаются.

В Болгарии широкий размах приобретают работы по реконструкции малоценных порослевых насаждений и переводу их в высокоствольное хозяйство. В Венгрии осуществляется широкая про-

грамма повышения лесистости и облесения малопroduцирующих земель, что способствует значительному увеличению лесопользования. В Польше широко развернуто лесовосстановление и создание искусственных лесонасаждений, особенно посадок сосны на песчаных почвах. В Румынии значительно повысился уровень ведения лесного хозяйства при одновременном проведении больших работ по созданию плантаций тополей и ив. В ГДР широкое развитие получили лесовосстановительные работы, создание новых лесов на малопroduцирующих землях, а также рекультивация земель, нарушенных при добыче полезных ископаемых.

По разным причинам большой интерес к лесовосстановлению проявляется и в капиталистических странах. В Англии, например, это вызвано тем, что в период второй мировой войны были нарушены традиционные связи в поставках лесопroduкции и национальная промышленность ощутила острейший дефицит древесного сырья. Эти же причины заставили и ряд других капиталистических стран заняться воспроизводством лесов и созданием новых лесных массивов. В некоторых случаях конъюнктура цен на древесину на мировом рынке толкает фирмы на создание своей сырьевой базы, для чего они покупают лесные угодья и земли и закладывают на них высокопродуктивные плантации. В капиталистических странах выделяют ссуды под лесовосстановление или принимают законы, по которым фирмы, работающие на древесном сырье, отчисляют часть прибыли на лесовосстановительные работы, улучшение ведения лесного хозяйства и создание сырьевых баз (США, Швеция, Финляндия и др.).

Таким образом, национальные интересы целых стран или коммерческие интересы отдельных фирм и монополий способствуют развитию лесовосстановительных работ и интенсификации лесохозяйственного производства, разработке современных машин и орудий, применению удобрений и новейших химических средств и препаратов, развитию селекционных работ, созданию гибридных форм тополей, интродукции новых видов древесных пород и т. п.

Возрастание потребностей в древесине привело к тому, что страны-импортеры и лесоэкспортные начали принимать активные меры для увеличения производства лесоматериалов в более короткий период времени, а в первую очередь вводить интенсивные формы ведения лесного хозяйства, в зависимости от уровня развития и природных условий. В частности, в странах с мягким климатом широкое развитие получило интенсивное плантационное хозяйство.

Глава II

СЕМЕНОВОДСТВО И ОРГАНИЗАЦИЯ ЛЕСОСЕМЕННОГО ДЕЛА

Лесное семеноводство развивалось по мере необходимости восстановления лесов. Как отрасль лесоводственной науки оно сформировалось после 1917 г. Создание широкой сети научно-исследовательских организаций

способствовало тому, что исследования по всем вопросам лесного семеноводства проводятся на территории всей страны, т. е. в различных лесорастительных условиях.

В связи с переводом лесного семеноводства на научно-селекционную основу ставится задача повышения производительности и улучшения качества будущих лесов за счет использования семенного материала с улучшенной наследственностью. Наиболее эффективные достижения этой цели — отбор и использование более продуктивных разновидностей как местных, так и интродуцированных деревьев, а также генетика и селекция лесных пород. Только за счет применения этих мер можно повысить продуктивность насаждений на 20%.

В настоящее время генетике и селекции уделяется очень большое внимание. Результаты научно-исследовательских работ показывают, что многие свойства деревьев (возрастная способность, форма кроны и ствола, образование длинных древесных волокон, сопротивляемость заболеваниям и вредителям) определяются наследственностью, которая передается посредством ген. Все это можно использовать в нужном направлении с помощью селекции и гибридизации.

Например считается, что красный цвет бука определяется единственным преобладающим геном, потому что скрещивание обычного бука с красным дает примерно равное количество зеленых и красных сеянцев.

Семена сосны с деревьев, обладающих высокой ростовой способностью, дают довольно большой прирост при выращивании сеянцев в питомниках, в то время как семена с деревьев худшего роста дают меньший прирост. Смолистое выделение сосны также наследственно, и потомки лучших деревьев дают большее количество смолы, чем потомки средних. Эти особенности используют в тех случаях, когда закладывают специальные плантации для ведения хозяйства не на древесину, а на живицу. Отмечено также, что вегетативно размноженные сильные экземпляры сосны обладают лучшей сопротивляемостью болезням и вредителям.

К наследственным признакам относятся число ветвей в мутовках, соотношение между средней длиной ветвей нижних и верхних мутовок, а также угол наклона боковых ветвей к стволу, что используют при отборе и улучшении древесных пород.

Лучшим деревом считается такое, у которого хорошая высота, конусообразная форма кроны, ствол прямой, без повреждений, умеренно сбежистый, очищенный от сучьев и с наибольшим диаметром среди деревьев в ближайшем окружении, а также с энергичным ростом и тонкими, обычно горизонтальными ветвями. Однако та-

кие деревья скорее вырубают, так как они пользуются большим спросом и имеют большую потребительскую стоимость. Поэтому их необходимо отыскивать, отмечать и сохранять от рубки для сбора семян.

Получение семян с плюсовых, или элитных, деревьев, связано со значительными трудностями. Прежде всего такие деревья растут не кучно, а единично на больших площадях, что затрудняет организацию сбора и ограничивает количество семян. Они имеют большую высоту и высоко поднятую крону, поэтому только специальными приспособлениями можно обеспечить сбор шишек и доставку сборника в крону. Кроме того, в массиве они опыляются пылью обычных деревьев, что приводит к ослабеванию превосходства материнских деревьев в семенах, а опылять их под контролем очень трудно из-за высоты. Все это приводит к необходимости создания специальных хозяйств.

Только за последние 10 лет организовано около 70 производственно-показательных лесосеменных хозяйств, в том числе 56 в РСФСР, 5 в БССР, по 3 в Узбекской и Казахской ССР, 1 в Молдавской ССР. Созданы специализированные лесосеменные хозяйства: по сосне — 27, ели — 5, дубу — 5, сосне и ели — 6, лиственнице и сосне — 8, лиственнице — 6, дубу, каштану, ореху грецкому — 1, кедру корейскому и бархату — 2, саксаулу — 3 и др. В этих хозяйствах подобрано 36 тыс. га временных лесосеменных участков и 44,5 тыс. га постоянных, по 6 тыс. га прививочных лесосеменных плантаций и плантаций семенного происхождения (посадкой сеянцев, выращенных из семян плюсовых деревьев); проведена селекционная инвентаризация и оценены насаждения на площади 1455,1 тыс. га; выделено 46 тыс. га плюсовых и лучших насаждений и отобрано свыше 1400 шт. плюсовых деревьев.

Ни в одной стране мира не заготавливают столько семян древесных пород, сколько в Советском Союзе. Для обеспечения лесовосстановительных работ в гослесфонде и создания защитных насаждений на оврагах, балках и песках и для закладки полевых защитных полос в стране ежегодно заготавливают 7—13 тыс. т семян древесных и кустарниковых пород. Только в Российской Федерации ежегодно расходуют 3500—4500 т лесных семян, в том числе 300—400 т наиболее ценных хвойных пород, при

этом заметно увеличивается их заготовка. Фактический объем заготовки семян колеблется в зависимости от урожайности, однако тенденции возрастания имеют место. Так, если до 1970 г. семян хвойных пород (без кедра) заготавливали менее 400 т в год, то в 1970 г. их было заготовлено 431,5 т, в 1971 — 424,9, в 1972 — 451,2, в 1973 — 454,4, в 1974 — 706,6 т.

Значительная работа проведена по созданию мощностей для переработки лесосеменного сырья. Во всех лесорастительных зонах строят высокопроизводительные механизированные стационарные шишкосушилки новейших конструкций, склады для хранения семян и шишек. Только на предприятиях Минлесхоза РСФСР за 3 последних года построено 136 новых стационарных механизированных шишкосушилок, 75 типовых складов для хранения семян и 74 шишкохранилища. Годовая мощность сушильного и перерабатывающего хозяйства доведена до 700 т по чистым семенам. С вводом в эксплуатацию шишкосушилки большой мощности, сконструированной лесоводами Калининского управления лесного хозяйства П. И. Чекизовым и Л. В. Галеевым, представилась возможность перехода на новый принцип организации заготовки и переработки лесосеменного сырья, позволяющий значительно увеличить объемы заготовок и переработки и получать семена высокого качества.

Появились новые формы комплексного лесосеменного хозяйства, в которых сконцентрированы переработка, хранение семян и выращивание посадочного материала. Чтобы избавить лесное хозяйство от случайностей, обеспечить ежегодно заготовку семян с хорошими наследственными качествами, в настоящее время создается лесосеменная база на селекционной основе (разработана обширная программа до 1990 г.).

Уже сейчас в РСФСР ежегодно закладывают около 1500 га лесосеменных плантаций, значительная часть их вступила в стадию семеношения и дает до 50 т и более семян улучшенного качества. На лесосеменных плантациях генетически высшие деревья изолируют от возможного опыления генетически низшими источниками; они способны давать частые, обильные и легко собираемые урожаи семян. Поэтому плантации создают, как правило, на изолированных участках с хорошим водостоком, защищенных от ветра во избежание нежелательного

опыления, доступных для интенсивного управления, проведения уходов и т. д. На таких плантациях есть возможность проводить целевое, направленное скрещивание с целью получения гетерозисного материала для выращивания потомства. Хорошие результаты гетерозисного эффекта иногда получают за счет целевой, направленной селекции родительских пар. В этом случае специально подбирают морфологически близкие виды, но берут их из отдаленных районов или подбирают клоны одного вида в том же районе с резко выраженными хозяйственно ценными признаками.

В первый период создания лесосеменных плантаций предполагалось, что достигнуть эффекта можно выборкой в искусственно созданных насаждениях нежелательных деревьев, проведением разреживания, подкормки удобрениями и умеренной селекции. В то же время широкое распространение получил метод прививок черенков с лучших деревьев на уже созданные лесные культуры с целью формирования кроны от привитого черенка. Однако практика показала, что, несмотря на необходимый уход, такие плантации в первые годы плодоношения дают повышенные урожан, а затем они снижаются; в дальнейшем плантации не имеют заметных преимуществ перед обычными лесосеменными участками ни по количеству, ни по качеству семян. Это еще раз говорит о том, что единичные селекционные мероприятия позволяют получить лишь временный эффект. Неконтролируемое опыление приводит к преобладанию естественного хода процесса и со временем к «одичанию». Можно, конечно, добиваться и положительных результатов при условии систематического контроля за ходом естественного отбора, чтобы предотвратить явления, ранее исключавшиеся селекцией. Однако при этом естественный отбор был и остается основным фактором, определяющим формирование и развитие насаждений.

Задача селекции заключается не только в отборе и выращивании деревьев нужного качества, она должна способствовать повышению количественной и качественной продуктивности существующих и последующих поколений. В связи с этим, наряду с разработкой новых методов создания лесосеменных плантаций проводятся работы по стимулированию семеношения и закладке временных и постоянных лесосеменных участков.

Одним из наиболее эффективных методов стимулирования семеношения является прореживание насаждений, при котором создаются условия для лучшего роста и развития деревьев, что способствует повышению урожайности семян и более раннему семеношению. Раннее плодоношение связано, как правило, и с лучшим ка-

чеством семян. Молодые насаждения дают более тяжелые и крупные семена и плоды, а с возрастом масса семян уменьшается и очень старые деревья дают мелкие семена. Если учесть при этом, что размеры сеянцев с учетом массы полученных семян находятся в обратном отношении к возрасту материнских деревьев, то можно представить насколько важно ускорение начала плодоношения. И не случайно издавна давались рекомендации шишки заготавливать в средневозрастных насаждениях, так как в этот период деревья физиологически лучше и дают наиболее качественные семена. Семена, появляющиеся в молодняках, значительно крупнее, обладают повышенной энергией прорастания, и из них создаются культуры, обладающие высокой энергией роста. Обильный урожай семян в молодом возрасте можно получить в изреженных насаждениях, где развитие древесных организмов происходит быстрее, чему способствует более сильное освещение выставленных на простор деревьев. Интенсивность изреживания должна устанавливаться такой, чтобы семенные деревья не соприкасались своими кронами, и в то же время, чтобы между ними не было больших окон при равномерном распределении деревьев по площади.

Формировать насаждения на лесосеменных участках необходимо начинать с молодого возраста, пока еще деревья не очистились от нижних ветвей. Д. Г. Гиргидов (1976) рекомендует первое прореживание проводить в сильной степени, затем повторять через 5—7 лет, в зависимости от условий среды и интенсивности роста кроны. В 10—15-летних древостоях при первом изреживании число деревьев на 1 га доводится до 800—1000, при последующем (через 5 лет) — до 300—500 шт., а к 40-летнему возрасту оставляется 220—250 семенных деревьев со средним расстоянием между ними 7—10 м и сомкнутостью, не превышающей 0,5. В опытах ЛенНИИЛХа (Д. Я. Гиргидов, 1976) на лесосеменном участке при систематическом прореживании к 40-летнему возрасту при полноте 0,5 и сомкнутости крон 0,5 в среднем на 1 га оставалось 23% деревьев от контроля, причем средний диаметр оставшихся деревьев был почти в 2 раза больше, чем в непрореживаемых насаждениях, а средняя высота несколько ниже (12,3 м против 13,2 м), протяженность и проекция живой кроны больше соответственно в

2 и 3 раза. Значительно большие размеры живой кроны обеспечивают систематическое повышение плодоношения, а урожай семян даже в годы слабого плодоношения в разреженных лесосеменных участках выше в 3,4—5,4 раза. Заслуживает внимания опыт Гатчинского и Тихвинского лесхозов Ленинградского управления лесного хозяйства, Суземского лесокомбината Брянского управления лесного хозяйства, лесхозов Пензенской области, где по составленным проектам и в соответствии с ними создаются лесосеменные участки на значительных площадях. На многих предприятиях Костромского, Ленинградского, Белгородского, Пермского, Курского и Татарского управлений лесного хозяйства лесосеменные участки заложены в соответствии с наставлением по лесосеменному делу, документально оформлены и содержатся в хорошем состоянии. За ними проводятся своевременные уходы путем рыхления почвы в междурядиях и вносятся удобрения.

Обобщение производственного опыта и результатов исследований, проведенных в различных условиях, показывает, что прореживание насаждений на лесосеменных участках способствует значительному повышению урожайности семян и может считаться основным мероприятием. Степень прореживания, в равной мере как и сроки повторяемости, зависят от условий местопроизрастания и географической зональности, однако в целом для лесосеменных участков следует отбирать лучшие площади, где благоприятные условия среды обеспечивают более интенсивный рост и развитие. В худших условиях местопроизрастания необходимо внесение органических и минеральных удобрений.

Постоянные лесосеменные участки хвойных пород закладывают в существующих молодняках естественно-го или искусственного происхождения и систематическим проведением различных лесохозяйственных мероприятий формируют насаждение, где обеспечивается более раннее и обильное семеношение длительное время. Основными положениями по лесному семеноводству при закладке постоянных лесосеменных участков в сосняках рекомендуется производить изреживание к 40-летнему возрасту с расчетом оставления от 200 до 350 шт. хорошо плодоносящих деревьев. Потребности ближайших лет, до вступления в стадию плодоношения

постоянных лесосеменных участков и лесосеменных плантаций, могут удовлетворяться за счет временных лесосеменных участков. Основными положениями по лесному семеноводству рекомендуется отбирать деревья и насаждения для сбора семян в возрасте спелости, так как только к этому периоду можно окончательно определить их хозяйственную ценность. При недостатке таких насаждений допускается отбор деревьев и насаждений более молодого возраста. Это должны быть насаждения и деревья, отличающиеся комплексом хозяйственно ценных признаков. Временные лесосеменные участки должны сохраняться от рубки до обеспечения ими необходимых потребностей в семенах. Основное же направление в обеспечении семенами должно фиксироваться на создание постоянной лесосеменной базы за счет создания лесосеменных плантаций.

В лесной генетике признается, что отбор и размножение лучших деревьев гарантируют создание и воспроизводство в последующих поколениях всех хозяйственно ценных признаков и свойств. В настоящее время прогрессивным считается следующий метод: из семян, собранных с плюсовых и элитных деревьев, выращивают сеянцы или саженцы, на них прививают черенки с элитных деревьев, выращивают их в контролируемой среде, а затем уже такими привитыми саженцами закладывают лесосеменные плантации. Семена, полученные с таких плантаций, дают более качественные в генетическом отношении сеянцы и саженцы, которые и в раннем возрасте отличаются интенсивным ростом, стабильным сохранением основных признаков и незначительным процентом брака. Не исключается также создание лесосеменных плантаций методом прививки специально собранных подвойных культур и саженцами, выращенными из семян, собранных с элитных и плюсовых деревьев.

Опыт организации лесосеменных плантаций показывает, что хорошие результаты получаются при правильном подборе площади плантации, где возможна концентрация и специализация работ по лесной селекции, а также при наличии лесного питомника, шишкосушилки, склада для хранения шишек и семян и других производственных помещений. Так, Гатчинская лесосеменная плантация в Ленинградской области, получившая широкую известность, располагает всем необходимым. К мо-

менту проектирования Тихвинской лесосеменной плантации был учтен опыт организации плантаций, и она создавалась уже при наличии современной механизированной шишкосушилки, склада лесных семян с холодильными установками и лесного питомника общей площадью 60 га. Наличие шишкосушилок, складов для хранения семян, лесных питомников и теплиц позволяет проводить все подготовительные работы с высоким качеством и гарантировать последующую качественную закладку лесосеменных плантаций.

Гатчинская лесосеменная плантация создавалась методом прививки черенков на подвойные культуры, но в этом случае трудно геометрически правильно и равномерно распределить прививки, что в последующем затрудняет применение средств механизации по уходу за ними, и значительно больше расход дефицитных черенков, заготовленных с элитных и плюсовых деревьев. При создании плантации методом привитых саженцев заметную роль играют специализация и концентрация работ, что наряду с имеющимися другими положительными особенностями обеспечивает высокое качество. В этом случае более целесообразно сеянцы для подвоя выращивать с закрытой корневой системой в контролируемой среде. В Гатчинской плантации сеянцы сосны, ели и лиственницы выращивали под полиэтиленовой пленкой, а осенью помещали в полиэтиленовые мешочки высотой около 20 см и диаметром 10—15 см с торфоперегнойным субстратом с добавкой удобрений. Сеянцы плотно устанавливали в теплицу и присыпали субстратом. Прививку черенков производили в конце лета 2-го года летними черенками или весной 3-го года — зимними. С вводом в эксплуатацию опытной установки ЛенНИИЛХа по брикетированию посадочного материала началось выращивание подвоев в торфоперегнойных брикетах, которые устанавливают в деревянные тарные ящики и оставляют на доращивании в теплице. Подготовка подвоев с закрытой корневой системой, производство прививок и выращивание в контролируемой среде повышают приживаемость и обеспечивают лучший рост и развитие. Дальнейший рост привитых саженцев на постоянном месте обеспечиваются высокой агротехникой подготовки почвы и своевременным систематическим уходом. Размещение посадочных мест и их количество

определяли с учетом возможности прохода машин и механизмов в период лучшего развития крон деревьев и обеспечения их беспрепятственного развития как в междурядьях, так и в рядах; размещение было принято 8×8 м.

В Шуйском лесхозе Ивановского управления лесного хозяйства также нашел применение метод создания лесосеменных плантаций посадкой привитых саженцев. В Куровском спецлесхозе Московской области созданием прививочных плантаций занимается специально обученная бригада прививальщиков, благодаря чему достигнута высокая приживаемость черенков на плантациях. Здесь же получил широкое распространение метод выращивания привитых сеянцев в полиэтиленовых теплицах с последующей пересадкой их на лесокультурную площадь. Хороших результатов добились Песковский лесхоз Воронежской области, Вышневолоцкий леспромхоз Калининской области, Советский лесхоз Кировской области и ряд других.

Можно считать, что созданные лесосеменные плантации методом прививки черенков с плюсовых деревьев в будущем будут обеспечивать потребности лесного хозяйства высококачественными, генетически улучшенными семенами.

В настоящее время прогрессивным считается следующий метод: из семян, собранных с плюсовых и элитных деревьев, выращивают сеянцы или саженцы, на них прививают черенки с элитных деревьев, выращивают их в контролируемой среде, а затем уже такими привитыми саженцами закладывают лесосеменные плантации. Семена, полученные с таких плантаций, дают более качественные в генетическом отношении сеянцы и саженцы, которые в раннем возрасте отличаются интенсивным ростом, стабильным сохранением основных признаков и незначительным процентом брака.

В Канаде разработана программа «улучшения деревьев» способом выращивания сеянцев из семян плюсовых, элитных, деревьев с последующей прививкой на них черенков, взятых с верхушечной части кроны лучших деревьев. В зимний период, когда почки еще находятся в состоянии покоя, с таких деревьев сбивают ветви выстрелами из винтовок и ружей, отбирают с них молодые побеги, упаковывают в пластмассовые пакеты со снегом и отправляют в питомник для прививок. В питомнике их хранят в специальных холодильных камерах, как правило, при температуре ниже нуля. На побегах, выбранных для прививок, делают диагональный срез и

соответствующий надрез на верхней части стволика, накладывают черенок диагональным срезом под кору стволика, связывают их специальным бинтом и смазывают прививочным воском. Прививка основана на способности стволика и побега развивать новые клетки по поранениям и образовывать новые побеги, способные поддерживать некоторое время жизнь как независимое растение без корневой системы. На этой стадии лучшей средой, способствующей благоприятному срастанию, являются теплицы, в которых поддерживают умеренную и стабильную температуру, высокую относительную влажность при низкой световой интенсивности. В этих условиях срастание обычно происходит за 6 недель.

После срастания верхушки стволиков срезают, чтобы черенки могли распуститься; чтобы сократить расход питательных веществ почки на стволиках изреживают. Регулярный полив и внесение удобрений способствует интенсивному росту. С началом интенсивного роста срезают бинт и пересаживают стволики рядами в специальные школы, где обеспечиваются надлежащие условия для их роста и развития. В конце ростового периода защитную пленку убирают, чтобы черенки акклиматизировались в естественных условиях. Побеги подрезают в течение 3—4 лет, после чего саженцы готовы к высадке на плантации. При посадке на постоянное место лесосеменную плантацию разбивают на отдельные блоки и в каждый сажают по 12 привитых саженцев от 12 различных деревьев, распределяя их так, чтобы каждый был окружен саженцами от различных деревьев.

Практика показала, что семена, собранные с лесосеменных плантаций, крупнее обычных и на 15—20% тяжелее по массе, имеют большой потенциал по всхожести и прорастанию и дают лучшие результаты. Ученые считают, что только за счет получения таких семян можно повысить продуктивность на 15—20%. Ученые Канады подсчитали, что увеличение норм роста на 0,5% генетически улучшенными семенами приносит ежегодно 5% чистого дохода в течение 25 лет. Считается, что от простейших селекционных операций, какие проводятся на лесосеменных плантациях, увеличение норм прироста на 2% вполне возможно, а это уже в значительной мере оправдывает дополнительные затраты.

Наиболее остро стоит вопрос улучшения лесов в странах Западной Европы, где интенсивные рубки привели к исчезновению коренных типов насаждений и появлению насаждений худшего качества, в виде естественного порослевого возобновления нескольких последующих генераций. Очень ограничена здесь и база для проведения селекционных работ, так как лишь кое-где есть насаждения или отдельные деревья самых старых классов возраста. В этих условиях для улучшения качества и увеличения количества выращиваемой древесины используют метод индивидуального отбора и после сбора семян и прививки взятых от них черенков закладывают лесосеменные плантации.

В Скандинавских странах, в связи с коротким вегетационным периодом на севере и редкими урожайными годами в коренных типах насаждений, создают лесосеменные плантации в оптимальных условиях, где они могут хорошо развиваться и обильно плодоносить. Для скрещивания и закладки плантаций используют наилучшие деревья, чтобы полученное потомство обладало необходимыми качествами.

Широкий размах приобрели исследования по селекции и генетике в США. На опытных станциях и в питомниках отбирают элитные деревья, прививают черенки от них на клоновых плантациях, испытывают потомство и выбраковывают нежелательные линии, скрещивают клоны для получения улучшенных наследственных свойств, создают новые плантации на основе улучшения и гибридизации. Особенно большие работы проводятся по генетике и селекции перспективных лесообразующих пород: пихты Дугласова, тсуги разнолистной, ели ситхинской, пихты благородной, сосны желтой и др.

Проводятся исследования по таким вопросам, как генетическое управление ростом и наследование фенологических особенностей, изучаются разлет цветочной пыльцы с целью обеспечения направленного опыления лесосеменных плантаций, устойчивость древесных пород к вредителям и болезням, теоретические и практические возможности устранения несовместимости тканей при прививке, радиационные воздействия, наследование сопротивляемости к болезням, вредителям, вегетативная гибридизация, клеточная биология, реакция деревьев на различные типы излучения и химические мутагены, исследование радиации как возможного средства изменения генетики лесных деревьев и др. Ряд институтов занимается решением комплексной проблемы — довести оборот рубки до 5—10 лет с помощью высокопродуктивных гибридов, передовой агротехники, удобрений и гербицидов.

Создание лесосеменных плантаций на основе индивидуально-го отбора является основным методом селекции в ФРГ, хотя кое-где еще и используют временные лесосеменные участки. В связи с сокращающимися в результате рубок остатками естественных насаждений для сохранения генетического фонда отбирают наилучшие лесные деревья и размножают их черенками. Широко проводят исследования географических популяций, в ходе которых в жестких условиях отбирают сеянцы или саженцы, отвечающие поставленным требованиям по скорости роста, жизнестойкости, устойчивости к неблагоприятным факторам и т. д. Основная задача этих работ — не только повысить продуктивность насаждений, но и улучшить качество, в частности высоту и форму ствола, объемную массу, содержание целлюлозы и длину волокон.

В странах, где есть много ценных коренных насаждений, считается целесообразным наряду с закладкой лесосеменных плантаций на основе индивидуального отбора проводить популяционную селекцию. В этом случае отбирают лучшие популяции, в них создают постоянные семенные участки и на их основе выращивают лесные культуры прямым использованием семян с этих насаждений. Такой путь сохранения ценного фонда необходимых генотипов характерен для лесного хозяйства ПНР и в какой-то мере ЧССР. Однако лесосеменные плантации пока остаются перспективной, так как создаются они медленно и не обеспечивают полной потребности в семенах для лесовосстановления. Основная же потребность обеспечивается за счет сбора семян с растущих деревьев на постоянных и временных лесосеменных участках и со срубленных деревьев на лесосеках. Широкое распространение последнего способа объясняется большой трудностью сбора семян с растущих деревьев из-за отсутствия надежных и эффективных средств механизации.

Большие традиции и достижения в лесном хозяйстве, и в частности в лесосеменном деле, имеются во Франции, являющейся самым крупным экспортером семян древесных и кустарниковых пород. В настоящее время там идет перестройка этой работы на новые рельсы. В рамках «общего рынка» принята большая программа по лесоразведению, которая затрагивает и вопросы лесосеменного хозяйства. Во Франции разработан законопроект, регламентирующий новые правила заготовки лесных семян. Новые правила предусматривают сбор семян только на специально выделенных семенных участках, строгое соблюдение районирования по климатическим условиям. Критерии для выделения таких участков выработаны Национальным научно-исследовательским центром, который проводил исследования в этом направлении. Проведение этого закона в жизнь осложняется тем, что владельцами лесных семян являются в основном частные фирмы, государственная лесная служба практически заготовкой семян не занимается.

Одним из крупнейших специализированных предприятий по лесным семенам является фирма «Версепюи», она заготавливает $\frac{1}{3}$ семян в стране и торгует с 98 странами. Ее производственные площади занимают более 4 тыс. м²; предприятия могут высушить и обработать за 30 ч 13 тыс. кг шишек одного вида, или 12 видов, которые можно обрабатывать раздельно. Кроме того, по другой технологии можно обработать за то же время еще 10 тыс. кг шишек пихты. Фирма имеет контрольную лабораторию лесных семян, работающую с использованием данных различных специализированных лабораторий в странах Европы и Америки. Лаборатория работает в соответствии с правилами, утвержденными Международной Ассоциацией контроля семян. Ежегодно фирма готовит и продает около 50 т лесных семян — 30 т хвойных и 20 т лиственных древесных кустарниковых пород. Ассортимент семян довольно обширный и включает более 100 видов. Коллекция семян насчитывает около 1500 сортов. В начале века в числе покупателей фирмы «Версепюи» была и Россия. Уже тогда проф. А. Н. Соболев отмечал, что ее семена имели лучшие показатели по всхожести (96%) по сравнению с семенами из Шотландии, Пруссии, Бельгии, Финляндии и др.

Благодаря высокому качеству семян связи фирмы с различными государствами с каждым годом расширяются. Чтобы дать своим заказчикам как можно больше гарантий, фирма изучает районы происхождения семян во всем мире, в том числе насаждения США и Канады, Японии, государств Азии и Ближнего Востока, а также Советского Союза. Результатом этого является детальное районирование мест сбора семян с характеристикой условий произрастания насаждений. Во многих местах фирма получила исключительное право на семена редких пород.

Большое внимание уделяет фирма семенам экзотов. Делается это не случайно, так как считается, что разведением некоторых экзотов (эвкалипта, пихты иноземного происхождения) можно значительно повысить продуктивность лесов Франции.

В качестве гарантий фирма к своему проспекту дает карты с местами сбора урожаев, бюллетени происхождения семян и лабораторных анализов. Все семена проходят тщательный контроль и автоматически обрабатывается фунгицидами. Для лучшей сохранности продукции, отправляемой на большие расстояния или по тре-

бованию заказчика, используют бочки из фанеры, выложенные внутри пластичным материалом. В таких плотно закрытых контейнерах семена, предварительно обезвоженные до нужной степени, находятся в гораздо лучших условиях. Бочки хранят в прохладном месте. Гарантированная степень всхожести семян указывается на сопроводительном документе. Она может меняться в зависимости от их происхождения и от времени года.

Фирма широко рекомендует каталоги семян и приложения к ним, предоставляя заказчику право на подбор наиболее подходящих для конкретных условий семян. При этом основными критериями являются: количество осадков, особенно в период наиболее интенсивного сокодвижения (с апреля по сентябрь), высота над уровнем моря и температура, а также влажность почв (нежелательно использовать в сухих районах семена, полученные на влажных почвах, обратное же вполне возможно, за исключением тех случаев, когда они не переносят влажной почвы). Фирма советует своим покупателям проявлять и известную осторожность. Так, прежде чем засеять большую площадь, рекомендуется провести опыт или несколько последовательных опытов на небольших участках земли по акклиматизации семян.

Одной из старейших во Франции является фирма «Вильморен» (образована в 1743 г.), занимающаяся в основном семенами сельскохозяйственных культур и цветочных растений и в меньшей степени семенами лесных пород. Такие процессы, как переработка, сортировка и упаковка семян, в значительной степени механизированы; расфасовывают и упаковывают семена на автоматических линиях, которые одновременно производят и маркировку. Эта фирма ежегодно готовит 10—12 т семян хвойных пород. Она арендует у лесного ведомства механизированную сушилку с полуавтоматической линией. Сушилка представляет собой 5-этажное здание с полезной площадью 4 тыс. м². Режимы сушки и хранения семян общепринятые. За одну смену здесь обрабатывается около 20 кг семян. Длительным хранением семян фирма не занимается и специальных холодильных камер не имеет. Против вредителей семена обрабатываются в вакуумных камерах с применением фтористых химических веществ.

Для обеспечения высокого качества семян установлена электронная сортировочная машина, способная производить поштучную сортировку семян по заданной программе, в основе которой заложен их цвет и полнозернистость. Центробежный барабан пробрасывает по одному семени через фотоэлемент, который пропускает его лишь в том случае, если оно соответствует заложенному эталону. В противном случае срабатывает механизм, который отбрасывает семя в сторону. Пропущенные семена действительно имеют стандартные размеры, цвет и полнозернистость. Однако все больше ставится задача получить семена с определенным генетическим потенциалом.

В ряде стран придерживаются принципов использования семян по принадлежности к определенному климату по месту сбора. Например, Министерство природных ресурсов Канады организовало и сосредоточило все семеноводство и переработку семян в семенном питомнике «Хендри Форест» в Мидхерсте (провинция Онтарио). Основу этого комплексного хозяйства составляет завод по обработке семян, по здесь же выращивают посадочный материал.

Таким образом, этот завод — важнейшее звено в создании более продуктивных лесов будущего. Здесь запасают и хранят семена для выращивания саженцев, высаживаемых на участках, пострадавших от пожаров, на вырубках или заброшенных землях ферм, где новые леса хорошего качества не могут восстановиться естественным путем; в некоторых районах для лесовосстановления используют непосредственно семена.

Завод по обработке семян был основан в 1924 г., когда производилось около 1 млн. саженцев ежегодно. В 1972 г. было высажено около 60 млн. саженцев из 10 питомников, семена для которых были обработаны на этом заводе. Завод приобретает новейшее оборудование, чтобы обеспечить питомники высококачественными семенами за счет их обработки. Сейчас завод подготовлен для производства более 1 млрд. семян ежегодно (в Канаде семена учитывают не по массе, а по количеству в штуках). Запас семян создают в урожайные годы, так как считается, что в эти годы значительно выше их качество, а самое главное — ниже себестоимость заготовки.

Сбор шишек ведется в 49 лесных районах, выбранных по климатическим условиям. Из этих районов шишки доставляют на завод, сортируют по качеству, измеряют, регистрируют (чтобы сохранить идентичность пород и районов сбора) и помещают для просушивания под навесы. Воздушная циркуляция под навесами удаляет излишнюю влагу из свежих шишек, а для ускорения просушивания их регулярно перемешивают. Дальнейшую обработку семян производят в 3-этажном здании завода. Шишкосушилка — барабанного типа с четырьмя сушильными камерами и двумя барабанами в каждой. Хотя все процессы сушки и обработки механизированы и автоматизированы, производительность не превышает 18 кг семян в сутки. Обязательным условием является доведение влажности до 6%, после чего семена затаривают в стеклянные или пластмассовые контейнеры с герметической упаковкой и помещают в холодильные камеры для постоянного хранения. Вместе с маленьким образцом для исследования контейнер становится отдельной частью общего количества семян. Он имеет собственный номер, записи дерева, района и года сбора, массы влажности и количества семян в унции. Во время хранения каждый контейнер систематически испытывают на прорастивание — способность семян давать ростки и развиваться далее. Если результаты положительные, контейнер исследуют каждый 2-й год. Семена хранят в специальных складах, где автоматически поддерживается заданная температура в течение всего периода хранения. Семена в Канаде являются собственностью государства. Частному сектору продается только посадочный материал.

Во всех странах мира ощущаются большие трудности со сбором семян из-за отсутствия средств механизации. Все существующие средства механизации ограничены специальными подъемниками для доставки сборщика в крону дерева или разного рода лестницами и лазами. В Швеции, Финляндии, Норвегии и Дании (Телегин, 1973) создана и утверждена специальная форма одежды для сборщика шишек: комбинезон из плотной непромокаемой материи, на котором к специальным ремням прикрепляют одну-две страховочные веревки и столько же (Дания) мешков для шишек, шлем для за-

щиты головы (в Финляндии — специальная фуражка с защитным козырьком), переносная лестница и лазы для подъема в крону.

В Швеции на работах по сбору шишек со стоящих деревьев и на лесосеменных плантациях применяют оригинальное приспособление фирмы «Му ок Душме»: к подвешенному через плечо сборщика поверх комбинезона мешку подводят специальный рукав (закрепляемый на правой руке), заканчивющийся легкой пластмассовой трубкой диаметром около 6 см с прикрепленным ножом. Обхватив правой рукой трубку, сборщик подводит ее к шишке и, нажимая большим пальцем на нож, срезает черешок. Шишка по трубке и рукаву свободно проходит в мешок.

В Канаде испытывают передвижной агрегат для отделения шишек со срубленных деревьев. Шишки отделяются системой вращающихся ребристых и гладких валов при протаскивании веток между ними. Два ребристых вала имеют по окружности четыре углубления, облицованных упругой резиной. Что касается механизации сбора семян со стоящих деревьев, то ученые считают, что это будет осуществлено в ближайшем будущем.

Семена хвойных пород заготавливают двумя способами: собирают шишки со срубленных деревьев и поднимаются в крону стоящих деревьев. В дальнейшем большее развитие должен получить второй способ. Трудность его осуществления усугубляется и тем, что отобранные элитные деревья имеют гонкий ствол, тонкие и малочисленные сучья и т. д. Отмечается также, что профессия сборщика становится все более редкой, а новое районирование уменьшает количество традиционных зон сбора, что еще в большей степени затрудняет набор работников. Поэтому высказывается опасение о будущем возможном дефиците семян местного происхождения. Подчеркивается, что следует совершенствовать технику подъема в крону и улучшать такие редко используемые средства, как подъемные платформы, выдвижные лестницы и т. д. Однако это только частное решение проблемы механизации сбора семян с растущих деревьев.

Научно-технический центр Франции провел испытания и опробовал новое орудие, основанное на принципе сбора урожая путем тряски деревьев. Орудие Shock Wave Shaker создано американской фирмой «Корпорация садовой техники» на основе модели, предназначенной для сбора урожая с фруктовых деревьев. Оно состоит из двух частей: несущей машины и вибратора. Додж 300 служит не только средством передвижения, но и источником энергии для вибратора. Передняя часть вибратора (головка) включает в себя механизм, производящий вибрацию (массы, вращающиеся в разные стороны), и гидравлический захват (впереди), который захватывает и трясет дерево; суставная лапа вибратора фиксирует головку на различных уровнях. С помощью приспособлений регулируются высота присоединения (от 1 до 4 м приблизительно), частота вибрации (от 400 до 2500 раз в 1 мин) и амплитуда вибрации (использование более или менее крупных вращающихся масс). Вибрация, сообщаемая дереву на уровне точки прикрепления, передается стволом в крону, а также через корни в почву, где она ощущается на расстоянии нескольких десятков метров.

Испытания, проводившиеся на многих породах, но главным образом на ели европейской и сосне черной, показали различные результаты для разных древесных пород, что связано с формой ство-

ла, крупностью шишек и прикреплением к веткам, физическими параметрами древесины; результаты по каждой породе отличаются меньшим разнообразием, здесь играют роль размеры дерева, степень зрелости шишек, наличие или отсутствие низких ветвей. Необходимо учитывать резонанс деревьев, который имеет место при вибрации. С этой точки зрения для однопородного и разновозрастного древостоя наиболее приемлемы средние положения регулировок. Для сложного и разновозрастного насаждения требуется регулировка амплитуды вибрации, так как она относительно мала на нижней точке присоединения лапы орудия к стволу (0,5 м) и увеличивается по мере того, как точка прикрепления поднимается вверх. Особенно сильно выражено это у деревьев с длинным, хорошо очищенным от сучьев стволом; в этом случае наблюдаются поломки отдельных веток, а иногда и вершин. С ели обыкновенной и сосны черной падает в лучшем случае 20—25% шишек. При соответствующей тренировке и подготовке участка за 1 ч можно обработать 20—30 деревьев. Что касается несущей машины, то следует отметить, что в испытанном варианте она может передвигаться только на ровной местности и в достаточно редком насаждении.

Общая оценка результатов испытаний неудовлетворительна, хотя сборщик-лазатель очень отстал по скорости сбора. В связи с этим дальнейшую работу по сбору шишек с применением вибрации считают перспективной, но требуется усовершенствование орудия. Например в США, в результате совершенствования орудия показатель по сбору шишек достиг 75%, хотя в начале опытов он составлял 20—25%.

Таким образом, сбор шишек способом вибрации считается прогрессивным, но техническое выполнение в виде испытанного орудия — несовершенным, поскольку оно может создать вибрацию, достаточную для стряхивания шишек (4,5—5,6 кг), но при этом обламываются ветви и вершины деревьев и страдает корневая система. Специалисты, испытывавшие эту установку, пришли к единодушному заключению, что ее применение в насаждениях недопустимо, тем более когда речь идет о плюсовых и элитных деревьях. Датская фирма «Шувман и Сонер» изготовила вибрационную установку для стряхивания шишек ели. Эта установка монтируется на тракторе «Фергусон-135» и, по имеющимся сведениям, показывает удовлетворительные результаты. В рекламных проспектах сказано и о возможности стряхивания шишек сосны.

В настоящее время идет поиск решений, позволяющих решить проблему комплексной механизации работ на лесосеменных плантациях. В Швеции разработаны две конструкции подъемников. Фирма «Коршнес АБ» вместе с Институтом улучшения леса, а также фирмы «Му ок Думше» и «Свенска целлюлоза» вместе с Институтом улучшения леса и управлением частными лесами предложили специальные подъемники с платформами. Подъемник фирм «Му ок Думше» и «Свенска целлюлоза» представляет собой П-образную площадку, установленную на колесном тракторе, которая поднимается в крону и позволяет собирать шишки одновременно с трех сторон. По мере необходимости могут выдвигаться дополнительные боковые платформы, с которых можно снимать шишки при втором заходе.

Использование семян с лучших насаждений, создание специальных лесосеменных плантаций, селекционно-генетическая работа — все это направлено на повышение продуктивности лесов. Вместе с тем важным звеном в повышении продуктивности лесов является интродукция экзотов и климатипов из других районов. Особенно хорошие результаты дает сочетание интродукции с генетической и селекционной работой по их улучшению. Интродукцией экзотов созданы высокопродуктивные насаждения, устойчивые к неблагоприятным биотическим и абиотическим факторам. Например, японская лиственница в европейских странах более устойчива к раковым заболеваниям по сравнению с европейской, ситхинская ель более устойчива к ветрам, а сосна черная проявила свои преимущества перед другими в районах промышленных предприятий, не выдерживающими загрязненности и загазованности. Большое значение при интродукции экзотов или климатипов имеет происхождение семян или посадочного материала.

Так, в южной части Швеции интродуцированные средневропейские популяции ели обыкновенной показали продуктивность на 20% выше, чем местные популяции, поэтому лесоводы Швеции закупают семена ели из ПНР, ЧССР и СРР. В такой же мере почти во всех странах Западной Европы проявляется интерес к семенам лиственницы из ЧССР, так как лиственница судетская при быстром росте дает хорошую форму ствола и устойчива к неблагоприятным факторам.

Интересные данные получены в Финляндии при выращивании ели обыкновенной из черенков селекционных внутривидовых гибридов, завезенных из ФРГ; они оказались почти вдвое продуктивнее по сравнению с местными популяциями.

Лучшим ростом и развитием отличалась белорусская ель, интродуцированная на западное побережье Франции, где она не повреждалась поздневесенними и раннеосенними заморозками. Такие же результаты были получены при интродукции сосны из Белоруссии и ПНР в ЧССР, где она обладала более интенсивным ростом по сравнению с местными видами и лучшей формой ствола, не страдала от вредителей и болезней.

Огромный интерес к семенам лиственницы, сосны и ели из Советского Союза проявляется в Исландии. Насаждения лиственницы, выращенные из семян, полученных из Советского Союза, в возрасте 39 лет имеют высоту около 19 м и диаметр до 20 см. Лучшие результаты получены при использовании семян лиственницы из горных районов Хакассии, а также семян сосны, ели и лиственницы из Архангельской области. Сейчас ставится задача — испытать в условиях Исландии сосну пицундскую.

Лесоводы Франции проявляют большой интерес к семенам бука и дуба из определенных районов СРР и ЧССР. Фирмы «Вер-

сепю» и «Вильморен» (Франция) систематически ставят вопрос о закупке семян пихты кавказской, причем готовы их брать в неограниченном количестве из любого района Северного Кавказа. Это объясняется необходимостью повышения устойчивости насаждений, так как пихта белая в лесах средневропейских стран деградирует, а в ряде случаев преждевременно отмирает. Пихта более восприимчива, по сравнению с другими породами, к вредителям и болезням, сильнее подвергается воздействию промышленных выбросов. В пихтовых насаждениях происходит близкородственное скрещивание в силу относительной тяжести пыльцы и семян. Все это приводит к необходимости скрещивания с быстрорастущими видами — экзотами, отличающимися большой жизнестойкостью. Во многих странах интродуцируют пихту Дугласову, отличающуюся высокой производительностью, большой устойчивостью к морозам и хорошим возобновлением самосевом. В НРБ пихта Дугласова в возрасте 53 лет достигла высоты 30 м и диаметра 60 см при годичном приросте по массе около 18 м³/1 га. Хорошие результаты дает эта порода в горных районах СССР. Интродуцированная в Испанию, Францию, Аргентину и некоторые страны Африки и Азии сосна лучистая (замечательная) растет гораздо лучше, чем у себя на родине, в США.

Для современного лесоводства характерна также гибридизация древесных пород. В опытах по гибридизации разновидностей одного или близких видов получено потомство, значительно превосходящее своих родителей по многим основным показателям. Это явление гетерозиса широко используется в практических целях. Так, выведенные в Италии гибриды тополей дают прирост до 45 м³/1 га. Североамериканский черный тополь, интродуцированный во Францию и оплодотворенный пыльцой местного черного тополя, дал европейский гибрид очень устойчивого вида, который хорошо развивается на небольшой высоте в горных районах. Большой опыт разведения гибридных тополей имеется также в НРБ, где используются гибриды европейского черного тополя и американского дельтовидного тополя, отличающихся высокой продуктивностью.

Гибридная форма сосны жесткой и ладанной, выведенная в США, также отличается хорошей продуктивностью и находит применение в некоторых странах Азии.

Выведенные гибриды требуют длительной проверки по главным показателям. Интерес представляют методы ранней диагностики. Как показали испытания клонов тополя дельтовидного в долине р. Миссисипи, корреляция между данными обмеров, проведенных в первые 3 года и через 6 лет, весьма высока. Методы ранней диагностики позволяют отбраковывать клоны после двух вегетационных сезонов, так как уже в этом возрасте можно проследить наследуемость по основным показателям — высоте и диаметру.

Использование метода экстраполяции данных, полученных на молодом потомстве и в географических посадках, позволяет моделированием процесса предсказать продуктивность и таксационные характеристики насаж-

дений в процессе роста и развития и к возрасту спелости. Основанием этому служит высокая корреляция данных, которая имеет тенденции к сохранению и в более старших возрастах.

Необходимость повышения продуктивности лесов требует широкого выявления, отбора и проверки наиболее ценных экотипов как по отдельным географическим районам, так и в целом по стране. Создается широкая сеть географических культур в рамках отдельных стран и международных организаций. Созданы географические культуры дугласии европейской, лиственниц сибирской и японской, сосен обыкновенной, скрученной и желтой, ели, дуба и др. Отобранные виды используют для создания промышленных высококачественных насаждений.

Исследования лесоводов многих стран показали, что интродукция многих климатипов сосны обыкновенной, ели обыкновенной, лиственницы европейской и других пород целесообразна лишь в том случае, когда сроки их вегетации в основном соответствуют продолжительности вегетационного периода в новых местообитаниях, отклонения не более 2° по широте и ± 200 м по высоте. При этом лучшие результаты достигнуты при подборе особо устойчивых экземпляров и последующем направленном скрещивании. Широко распространено перемещение различных экотипов и видов древесных пород из худших условий в лучшие, более благоприятные для роста и развития. В этом случае рассчитывают на то, что в результате их скрещивания с морфологически близкими видами или экотипами будет получено потомство с лучшими основными показателями.

На VII Мировом лесном конгрессе многие докладчики указывали, что резервы увеличения продуктивности искусственно создаваемых насаждений в первую очередь зависят от выбора пород с генетическим потенциалом быстрого роста, а затем от систематического их улучшения с использованием новейших методов гибридизации.

Изучение генетической структуры естественных популяций основных лесообразующих пород, ранняя диагностика наследственных свойств отдельных видов и разновидностей позволяют создать основу для сортового семеноводства и обеспечить высококачественными семена-

ми растущие потребности лесовосстановления и лесоразведения.

Глава III

ВЫРАЩИВАНИЕ ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА

Расширение лесовосстановительных работ требовало широкого развития питомнического хозяйства и внедрения более совершенных методов выращивания посадочного материала. К настоящему времени в системе лесного хозяйства функционирует более 10 тыс. постоянных и временных лесных питомников общей площадью около 60 тыс. га; средняя площадь постоянного питомника 13 и временного 1,4 га, причем колебание их размеров по лесорастительным зонам может характеризоваться соотношением от минимального до максимального как 1 : 20.

В последние годы наблюдается тенденция создания крупных базисных питомников, где возможно более рациональное использование современных средств механизации, применение высокой агротехники и получение с единицы площади максимального количества высококачественного посадочного материала при минимальных затратах. Современная агротехника и технология выращивания посадочного материала базируются на применении комплексной механизации, повсеместном использовании наиболее рациональных севооборотов, органических и минеральных удобрений, гербицидов и арборицидов, ростовых веществ, на широком внедрении орошения не только в засушливых зонах, но и в районах достаточного увлажнения.

При высокой агротехнике подготовки почвы выход посадочного материала можно увеличить за счет большей протяженности посевных строк и установления их оптимальной ширины. По результатам многолетнего опыта разработаны следующие схемы посева: для сосны, ели и лиственницы — 6-строчная схема с попарно-сближенными строчками в ленте при ширине строк 5 см и протяженности 40 тыс. м/га; для кедра и лиственных пород (кроме березы) — 4-строчная схема при ширине строк 7 см и протяженности 28,6 тыс. м/га; для березы —

2-строчная схема при ширине строк 15 см и протяженности 14,3 тыс. м/га.

Комплексная механизация работ в питомниках осуществляется системой машин на базе самоходного шасси Т-16М и колесных тракторов типа МТЗ-50; вспашка и выкопка посадочного материала осуществляется гусеничными тракторами. Навесные и прицепные машины и орудия сельскохозяйственного назначения находят в питомниках широкое применение на различных работах, но их многомарочность не всегда позволяет выполнить весь комплекс работ в питомниках. Планом координации научных исследований в области лесного хозяйства стран — членов СЭВ предусматривается разработка единых для всех стран технологических принципов, которые могли бы служить основой для разработки таких машин и орудий:

1) в качестве основных энергетических средств для питомников следует считать тракторы классов 0,6 и 0,9 т, а для энергоемких работ — классов 1,4 и 3,0 т;

2) ширину колеи тракторов принять 150 см для всех видов посевов и посадок;

3) основным видом посева считать ленточный;

4) хвойные породы высевать по 5-строчной схеме с расстоянием между осями строк 20—25 см, шириной строки 2—5 и межленточного междурядья 50—70 см (схема а);

5) лиственные породы высевать по 5-строчной схеме, принятой для хвойных пород, и по 3-строчной с расстоянием между осями строк 40—50 см, шириной строк 3—15 и межленточного пространства 50—70 см (схема б);

6) сеянцы хвойных пород высаживать в школу по 5- и 3-рядной схемам с расстояниями между рядами в ленте 20—25 (40—50) и между лентами 50—70 см (схемы в и г);

7) сеянцы лиственных пород высаживать в школу по 3-рядной схеме с расстоянием между рядами 40—50 см и шириной между лентами 50—70 см (схема г);

8) тополевые, ивовые и другие черенки высаживать для укоренения рядовым способом с расстоянием между рядами 150 см (схема д);

9) считать перспективным применение комбинированных школ для одновременного выращивания саженцев древесных (в том числе хвойных) и кустарниковых

пород с размещением кулисных рядов через 3 и 4,5 м, а внутри широких междурядий высаживать по схемам в и г.

В настоящее время четко определяется тенденция перехода к выращиванию посадочного материала новыми методами, хотя еще довольно широко используются старые, традиционные способы выращивания в открытых питомниках. Традиционные методы постоянно совершенствуются, разрабатываются и внедряются системы машин для комплексной механизации производственных процессов, широко применяется химия. В связи с этим пересматривается отношение к площади питомников, которая определяется применяемой системой машин. Новые методы выращивания посадочного материала в контролируемой среде открывают возможность посадки в течение всего вегетационного периода, способствуют ускорению выращивания, повышению выхода его с единицы площади, позволяют применять автоматизированные системы, что, с одной стороны, облегчает труд, а с другой — открывает возможность растягивать сроки посадки и исключать возникновение дефицита рабочей силы в весенний период, а также использовать специальные конструкции лесопосадочных машин.

Выращивание сеянцев в открытом грунте. При выращивании сеянцев в открытом грунте важно правильно подойти к выбору места под питомник, так как этим предопределяются успех выращивания посадочного материала и его сохранность. Во всех случаях для базисных лесных питомников целесообразно использовать достаточно плодородные хорошо дренированные супесчаные и легкосуглинистые почвы равнинного рельефа с уровнем грунтовых вод не ниже 2 м. В этих условиях гораздо легче организовать последующий полив любыми способами, при которых исключается появление эрозии. На ровных местоположениях питомника можно рассчитывать на равномерное появление всходов и хороший их рост. Лучше, если участок подобран на свежих по увлажнению почвах с оптимальным значением рН верхнего горизонта 5,6—5,7.

Большое значение при выращивании посадочного материала имеет подготовка почвы. В случае организации питомников на участках, вышедших из-под леса, при

корчевке пней особое внимание необходимо уделять оставлению верхнего гумусированного слоя почвы на месте. После корчевки и вычесывания корней на вспаханной площади должна быть обязательно проведена планировка территории бульдозером и грейдером, что впоследствии обеспечивает высокое качество работ по посеву, внесению минеральных удобрений при подкормках, рыхлению почвы в междурядьях, а также исключает вымокание семян в понижениях. Впервые подготовленные площадки под питомник, вышедшие из-под леса, можно использовать не ранее чем через год после первичной вспашки. Основная обработка почвы проводится по системе черного или раннего пара, причем черный пар целесообразен в случае сильной засоренности почв корнеотпрысковыми или корневищными сорняками. Для уничтожения многолетних сорняков на паровых полях питомников в сочетании с механической обработкой почвы применяются гербициды. Внесение далапона (20 кг/га) с аминной солью 2,4-Д (2 кг/га) в базисном питомнике Загорского лесхоза ВНИИЛМ уменьшило засоренность на 92%.

Практика передовых питомников, добывающихся высокого выхода стандартного посадочного материала, показывает, что это достигается тогда, когда содержание гумуса в пахотном горизонте достигает 2,5—3% и имеется значительное количество основных элементов минерального питания. Для повышения плодородия почвы вносят органические и минеральные удобрения. Количество вносимых органических и минеральных удобрений зависит от содержания гумуса в пахотном горизонте, от механического состава почв и вида удобрений. В целях обогащения почвы элементами питания и улучшения ее физических свойств, кроме внесения органических и минеральных удобрений, применяют сидеральные пары с посевом люпина желтого или синего 1-летнего, горохо-овсяных смесей и других бобовых.

Предпосевная обработка семян к посеву обеспечивает ускорение их прорастания и увеличивает выход стандартных семян при сокращении норм высева. Простым и эффективным способом подготовки семян сосны и ели к посеву является снегование. Семена предварительно в течение суток замачивают в воде, а затем в марлевых мешочках небольшими партиями укладывают в снег и

закрывают. Выдерживание намоченных семян при пониженной температуре сокращает период появления массовых всходов на 5—6 дней и увеличивает грунтовую всхожесть в 1,5—2 раза. Это мероприятие оказывает положительное влияние на последующий рост появившихся сеянцев и выход стандартного посадочного материала. Опыты, заложенные в Ивантеевском и Загорском питомниках (Московская обл.) для определения эффективности предпосевной подготовки семян сосны, ели и лиственницы, показали, что замочка семян в воде комнатной температуры в течение суток, с последующим выдерживанием под снегом в течение 1—2 месяцев привели к возможности снижения норм высева на 20—30%, при увеличении выхода посадочного материала с единицы площади (Калиниченко и др., 1967). Высокая эффективность от воздействия пониженных температур на семена сосны и других пород с вынужденным семенным покоем объясняется повышением их жизнестойкости. При температуре 0°C, доступе влаги и воздуха идет медленный специфический процесс прорастания семян; несколько выше активность каталазы, семена более устойчивы к высоким и особенно низким температурам, они раньше и более энергично прорастают при температуре +10°C.

Уменьшение норм высева стратифицированных семян хвойных пород на 20—30% обеспечивает снижение себестоимости выращивания сеянцев на 10—15%.

Положительное влияние на энергию прорастания семян и рост сеянцев оказывает воздействие микроэлементов (меди, бора, марганца, кобальта, цинка, молибдена) и биологически активных веществ (гетероауксина, танина и др.). Микроэлементы повышают активность ферментов и энергию прорастания и всхожесть семян, усиливают рост и развитие сеянцев, повышают их устойчивость к неблагоприятным условиям внешней среды. Обработка семян обычно производится непосредственно перед посевом растворами солей сернокислого марганца, меди, кобальта или молибденового аммония и борной кислоты концентрацией 0,01—0,05% в течение 18—20 ч. Выбор того или другого способа обработки зависит от вида семян древесных пород, наличия необходимых материалов, возможности своевременного использования обработанных семян для посева и других факторов,

однако предпосевная обработка семян должна являться обязательным мероприятием.

Большое значение имеют сроки посева, особенно на почвах легкого механического состава, где грунтовая всхожесть семян, выживаемость всходов и рост сеянцев получаются наилучшими при относительно ранних посевах. Влияние сроков посева сказывается и на 2-м году выращивания — их рост в значительной степени определяется ростом и развитием в 1-й год жизни. Сроки посевов зависят от климатических условий района и погодных особенностей весеннего периода, но необходимо стремиться к возможно раннему высеву семян. На легких хорошо дренированных почвах наряду с ранними весенними посевами успешными могут быть и осенние посевы, незадолго до наступления устойчивых заморозков. При осенних посевах необходимо обрабатывать семена фунгицидами и мульчировать посевы опилками или торфяной крошкой, что защищает семена от поражения болезнями, а мульча предохраняет от резких колебаний температуры в верхнем слое почвы и задерживает преждевременное появление всходов весной, в период весенних заморозков.

В широкой производственной практике выращивания посадочного материала применяют грядковые посевы, с расположением посевных строк вдоль гряд, и безгрядковые. На песчаных почвах чаще проводят безгрядковый посев, а на супесчаных и суглинистых — грядковый с высотой гряд 10—15 см, которые делают грядкоделателем ГМ-2. Однако поделка гряд не является обязательным мероприятием даже на свежих и влажных почвах с временным избыточным увлажнением в том случае, если все работы по выращиванию посадочного материала механизированы. Это подтверждено опытами, проведенными в питомнике Загорского лесхоза (Московская область), где на влажных среднесуглинистых почвах грядковые посевы не имели преимуществ по сравнению с безгрядковыми ни по количеству сеянцев на 1 м строчки, ни по их росту. Главная задача как при грядковых, так и при безгрядковых посевах состоит в применении схем, обеспечивающих наибольшую протяженность посевных строк на единице площади и возможность применения комплексной механизации на всем цикле выращивания посадочного материала.

В зоне смешанных лесов при выращивании сеянцев хвойных пород лучшие результаты дает 6-строчный 2- или 3-звеньевой посев с шириной посевной борозды 3—5 см и расстоянием между центрами борозд 10—25(30)—10—25(30)—10—70 см или 10—10—40—10—10—70 см. При таких схемах посева протяженность посевных борозд равна 40 тыс. м/га, а использование площади под посевные борозды составляет 20%. Такие схемы посева при ширине посевной бороздки 5 см нашли широкое применение при выращивании сеянцев сосны, ели и лиственницы и имеют преимущество по сравнению с 5-строчными посевами по схеме 20—20—20—20—70 см по выходу стандартного посадочного материала на дерново-подзолистых среднесуглинистых почвах в Загорском, Ивантеевском и Шуйском питомниках. Выход посадочного материала сосны обыкновенной с единицы площади при 6-строчных посевах увеличивается на 20—30% по сравнению с 5-строчными посевами при одной и той же норме высева семян на 1 м посевной бороздки. Увеличение ширины посевной бороздки от 5 до 8 см при той же норме высева семян не увеличивает выход посадочного материала хвойных пород при 6-строчных схемах посева (Калиниченко и др., 1967). В таежной зоне при выращивании сеянцев хвойных пород считается рациональной схема посева 6-строчная 3-звеньевая с попарно сближенными строчками и расстояниями между центрами борозд 70—9—27—9—27—9—70 см. Эта схема позволяет применять имеющиеся механизмы как при посеве, так и при последующих технологических операциях. Ширина ленты в этом случае 150 см, а общая протяженность посевных борозд 39,6 тыс. м/га. Посев может обеспечиваться комбинированной сеялкой СКП-6, агрегатируемой с тракторами «Беларусь», Т-40, Т-28м.

В ряде лесхозов для посева хвойных семян используют сеялку «Литва-25», монтируемую на самоходном шасси Т-16, которая дает хорошие результаты на легких почвах, но уступает по качеству работы сеялкам СКП-6 и СЛШ-4М на суглинистых почвах.

В целях создания благоприятных условий для роста всходов и сеянцев требуются агротехнический уход за посевами, их полив и подкормка. Борьбу с сорняками проводят механическим и химическим способами или их

сочетанием. Для механического рыхления применяют культиваторы-растениепитатели КРСШ-2,8А или КРН-2,8МО.

Выращивание сеянцев с закрытой корневой системой. Этот вид посадочного материала (в торфяном субстрате) нашел широкое применение и считается перспективным не только для лесовосстановления, но и для лесоразведения. Посадочный материал с открытой и закрытой корневой системой выращивают главным образом в теплицах, где благоприятные условия для роста и развития сеянцев, а также есть возможность применения машин и орудий. Впервые для выращивания сеянцев древесных пород были использованы теплицы с покрытием из полиэтиленовой пленки в Финляндии в 1956 г., хотя в овощеводстве с пленками начали работать еще в 30-х годах.

Первые же опыты показали значительные преимущества этого метода по сравнению с выращиванием сеянцев в открытом грунте.

В нашей стране начало выращивания сеянцев под полиэтиленовым покрытием относится к 1964 г., а к настоящему времени уже накоплен большой опыт индустриального выращивания сеянцев хвойных и лиственных пород.

Широкие научные исследования различных способов выращивания посадочного материала в контролируемой среде и большой производственный опыт подтверждают высокую эффективность применения полиэтиленовых пленок для выращивания посадочного материала: стандартные сеянцы получают за один вегетационный период вместо двух в открытом грунте; расход семян значительно сокращается, так как всхожесть в специальном субстрате теплицы в 3—5 раз выше, чем в открытых питомниках на минеральных почвах.

Выход посадочного материала с 1 га площади в 4—5 раз больше при снижении почти в 2 раза себестоимости выращивания.

Существуют теплицы различного типа и конструкций, поэтому предложена их классификация в зависимости от формы перекрытия, несущих конструкций и материала, продолжительности эксплуатации, способов обогрева и образования микроклимата, цели использования и степени мобильности.

На основании исследований на лесной опытной станции «Калснава» по выращиванию семян различных древесных пород в теплице и обобщения производственного опыта лесных питомников Латвийской ССР Г. А. Игаунис (1974) определил следующие преимущества теплиц: посев можно начинать по крайней мере на две недели раньше; степень полезного использования семян в субстрате сфагнового торфа в 3—5 раз выше, чем в питомниках на минеральной почве; выход семян с 1 га больше в 4—7 раз; продолжительность, прироста высоты семян длится значительно дольше; более быстрый рост семян сокращает на год продолжительность выращивания посадочного материала.

Посадочный материал выращивают, как правило, в малогабаритных передвижных теплицах обычных питомников на минеральных почвах, хотя иногда используют и некоторое количество субстрата в виде торфа, но в любом случае для проведения работ такие покрытия снимают. В крупногабаритных передвижных теплицах уход за растениями в них проводят без снятия пленочного покрытия. Такие теплицы легко монтируются и демонтируются, но имеют ряд существенных недостатков.

Более удобны и эффективны стационарные теплицы блочного и тоннельного типов. Стационарные теплицы блочного типа состоят из отдельных блоков, стены и крыша которых представляют собой рамы стандартного размера, что позволяет легко их монтировать и демонтировать. Стационарные теплицы тоннельного типа с металлическим каркасом получили широкое распространение в ГДР, ЧССР и СРР. В последнее время получают распространение теплицы на пневматической основе: с воздухоопорными оболочками (в поднятом состоянии теплица поддерживается избыточным давлением в самом помещении); пневмокаркасные (повышенное давление воздуха имеется только в несущих надувных ребрах, образующих прочный каркас); камерные (воздухом наполнены отдельные камеры сооружения и комбинированные). Стационарные теплицы целесообразно подразделять на два вида: с выращиванием посадочного материала в специальном субстрате на поверхности почвы или в специальном субстрате на стеллажах.

Развитие тепличного хозяйства сейчас достигло такого уровня, когда решены вопросы автоматизированной системы освещения, регулирования температуры, своевременного и дозированного полива с подкормками. Проведены серьезные исследования по оптимальному составу субстрата и его роли в дальнейшем росте и развитии сеянцев, перенесенных в естественные условия. Однако следует отметить большие возможности выращивания посадочного материала в искусственном субстрате на стеллажах, т. е. изолирование его от влияния почвы.

Принципиально новый подход в 1971 г. предложен в Канаде — выращивать посадочный материал в теплице на стеллажах, поднятых на 110 см от поверхности земли. На такие стеллажи закатывают специальные платформы с блоками «контейнеров» или «пейпер-пот», в которых выращивается посадочный материал. Теплицу устраивают с двойной стенкой: расстояние между двумя слоями полиэтиленовой пленки 20 см, это пространство заполняют воздухом, который является хорошим изолятором в связи с его малой теплопроводностью. В результате выращиваемые сеянцы изолированы от влияния наружной температуры и температуры почвы, и за счет этого увеличивается период выращивания.

В теплицах фирмы «Уддехолм» предусмотрено два цикла выращивания сеянцев в год (первый начинается в апреле и в этот же год сеянцы высаживают на лесокультурную площадь, а сеянцы второго цикла оставляют на зиму и высаживают весной следующего года), а в Канаде — пять в таких же теплицах, но с бойлером, которым вода подогревается до необходимой температуры, затем в специальной камере распыляется до туманообразного состояния и в таком виде вентиляторами накачивается в теплицу под стеллажи. В этом случае начало цикла не зависит от наружной температуры, так как с помощью ламп дневного света, мощных вентиляторов и контрольных приборов постоянно поддерживается заданная среда, а теплый туман обеспечивает прорастание. Таким образом сокращаются сроки выращивания.

Поскольку постоянное выращивание сеянцев под пленкой не дает хороших результатов, рекомендуется через восемь недель выставлять их на открытый воздух на доращивание, чтобы они адаптировались к естественным условиям и акклиматизировались. Длительное пребывание под пленкой делает их рыхлыми, и они при большом росте в естественных условиях не выдерживают и отмирают. Поэтому после 8-недельного пребывания сеянцев под пленкой их выставляют на специальные полигоны, а в теплицу помещают новую партию на восемь недель. За год получается пять циклов, хотя последний оставляют для посадки в следующем году. Практически это позволяет в 5 раз эффективнее использовать теплицы, особенно при выращивании посадочного материала с закрытой корневой системой.

При зарождении искусственного лесовосстановления деревца пересаживали с комом земли, чтобы они лучше приживались. В начальный период субстрат вокруг корневой системы сохраняли при

выкопке специальными лопатами. Саженцы с грудкой земли хорошо приживались и росли. Позднее начали специально закрывать корневую систему с использованием различных субстратов и покрытий: горшочков, ящиков, коробок, проволочных сеток, корзинок и пр.

Горшочки из прессованной глины применяют в Бразилии, Уругвае, Марокко, Португалии и др. В Австрии и Италии изготавливают деревянные коробки (24×28×165 мм), заполняют их смесью субстрата и высевают семена, затем расставляют по склонам гор, в расщелины или приготовленные ямки; со временем коробка распадается и корневая система проникает в окружающую землю. В странах Африки, Среднего Востока и Юго-Восточной Азии изготавливают деревянные (в основном фанерные) ящики разных размеров. В большинстве случаев саженцы перед посадкой из ящиков вынимают и высаживают с комом субстрата. В Северной Африке для выращивания сеянцев кедра ящики делают из тополевой фанеры толщиной 2—3 мм, в Баварии изготавливают горшочки конусной формы из бумажной фанеры или шпона. Используют бамбуковые отрезки, заполненные субстратом (Африка, Индия), а также стебли подсолнуха и тростника разрезанные на куски до 25 см, и корзинки из банановых листьев или бамбука. В некоторых странах используют баночки из жести, тонкую проволочную сетку с малыми отверстиями, которая после посадки в грунт ржавеет и распадается.

Для изготовления горшочков наиболее широко применяют бумагу и картон, так как такие горшочки сравнительно дешевые, легкие и могут быть разной формы и величины. Сеянцы с таким покрытием растут хорошо, а при высадке на постоянное место покрытия быстро разлагаются. Во Франции и Швейцарии хорошую оценку получили картонные горшочки «Фертил» диаметром сверху 9,5 и внизу 4,5 см, высотой 18 см. В Словакии распространена так называемая татранская стаканная посадка, при которой используют бумажные стаканчики для питья воды. В Альпах применяют горшочки в виде воронки, изготовленные из плотной бумаги. В Норвегии большую известность получили торфопеллюлозные горшочки «Джиффи пот» размером 7, 8, 10 или 11 см в верхней части с уменьшением внизу и высотой 8 и 10 см; через их стенки корневая система прорастает без особых затруднений.

С развитием химической промышленности и производством полиэтиленовой пленки и пластиковых материалов стали широко использовать пластиковые пакетики и полиэтиленовые мешочки. Корневая система сеянцев не прорастает через стенки полиэтиленового покрытия, поэтому его необходимо перфорировать. Кроме того, используют блоки из твердых пластмасс. В этих случаях сеянцы вынимают вместе с субстратом, так как плотные стенки не пропускают корневую систему.

Распространение различных способов выращивания сеянцев и саженцев с закрытой корневой системой вызвало необходимость разработки средств механизации. Ниже рассмотрены наиболее перспективные методы выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой.

Метод Нисула разработан в Финляндии. Сеянцы, выращенные в течение восьми недель в теплице под полиэтиленовой пленкой, раскладывают через 10 см на пленке шириной 34 см, на которую предварительно насыпают субстрат удобренного торфа;

пленку с сеянцами свертывают в рулон, склеивают, затем разрезают в месте соприкосновения корневых систем (посередине) и устанавливают в теплицах или на специальных полигонах для доращивания на открытом воздухе. Обычно в один рулон помещают около 50 сеянцев, причем на каждый приходится 100—150 см³ субстрата.

Масса рулона до 4 кг, диаметр 50 см, при большем диаметре нет нормальных условий для развития кроны. Толщина слоя торфяного субстрата зависит от намеченных сроков доращивания, для 1-летнего выдерживания сеянцев в рулонах достаточно 1-сантиметровой толщины. Корневая система сеянцев довольно быстро схватывает субстрат и к периоду посадки, как правило, почти полностью его удерживает. Для проведения работ индустриальным методом создана специальная поточная линия производительностью до 80 тыс. сеянцев в смену. Разработано несколько вариантов этого метода: разделение корней сеянцев специальными перегородками и др.

«Пейпер пот» — бумажные горшочки, разработанные японской фирмой специально для выращивания рассады сахарной свеклы; впоследствии их приспособили для выращивания посадочного материала древесных пород. Они запатентованы во многих странах мира. В Финляндии созданы механизированная линия и вспомогательное оборудование, которые внедрились в Швеции, Канаде и др. Бумажные горшочки (как оболочка для субстрата) изготовляют из склеенных бумажных лент в определенном порядке и получают своеобразные пакеты, которые затем сжимают, поэтому их удобно хранить и транспортировать в виде пластины. Горшочки могут быть различных размеров (диаметр от 1,9 до 10 см, высота от 5 до 13,5 см), в зависимости от цели и сроков выращивания посадочного материала. Наиболее распространенный горшочек ПН-408 имеет объем субстрата 70 м³ и на 1 м² можно разместить 1076 шт., а горшочек ВН-213 — соответственно 30 см³ и 4274 шт. В странах Скандинавии для выращивания сеянцев сосны наиболее широкое применение находят горшочки средних размеров — 3×7,5 или 3,8×7,5 см.

Система выращивания сеянцев заключается в следующем. В зимний период (или в любое другое время, когда не заняты рабочие) горшочки заполняют субстратом. Для этого сжатые пластины горшочков растягивают на специальных пластмассовых поддонах и прикрепляют к их боковым стенкам. При растягивании образуются сотообразные 6-гранные клетки без дна. Блок клеток подают на конвейер, где они заполняются субстратом — сухим измельченным и просеянным торфом с добавкой минеральных удобрений. После заполнения субстратом блок по конвейеру подается на вибрационный стол, субстрат уплотняется. На этой же линии блок подается под высеивающее устройство и здесь в каждый горшочек высевается одно калиброванное семечко. Раньше семена засыпали в отверстия плиты-шаблона, которая затем накладывалась на блок, открывались отверстия и семена падали в горшочки; теперь же плита-шаблон с тонкими отверстиями, которые при накладке соответствуют центрам бумажных стаканчиков, опускается на ящик с семенами, к каждому отверстию воздухом притягивается одно семечко, плита переносится на блок «пейпер пот», воздух отключается и семена падают в центры горшочков, затем блок по конвейеру передвигается под бункер и здесь семена присыпаются

слоем песка или другого субстрата. Производительность поточной линии более 155 тыс. горшочков за смену.

Если семена предназначены для немедленного выращивания, блоки устанавливают в теплицах и поливают, как правило, с автоматическим режимом регулирования. В процессе роста горшочки под влиянием влаги расклеиваются и в последующем легко отделяются друг от друга. В случае предварительной подготовки блоки укладывают по 5 шт. в специальные картонные коробки, которые затем устанавливают в контейнеры и отправляют на хранение в склады. Перед высаживанием на лесокультурную площадь сеянцы обрабатывают химикатами с целью предотвращения повреждения их вредителями и болезнями. Выращенные сеянцы устанавливают блоками вместе с поддонами в специальные контейнеры и доставляют к местам посадок.

«Д ж и ф ф и п о т» — торфоцеллюлозные горшочки различных размеров в виде усеченного конуса диаметром в верхней части от 6 до 16 см. Разработаны в Норвегии, производятся также в Дании и Японии. Их изготавливают из смеси торфа с добавкой целлюлозы (древесной массы) и азотных удобрений, затем высаживают мелкие сеянцы или, реже, высеивают семена. Горшочки заполняют субстратом вручную или с помощью простейших приспособлений и одновременно высаживают сеянцы; производительность одного рабочего 1000 горшочков за смену. Перед посадкой у сеянцев обрезают корневую систему, чтобы она не доходила до дна на 1—2 см. Приготовленные горшочки устанавливают на подложенную пленку в гряды шириной примерно 1 м, обкладывают досками и засыпают опилками, песком или лесной подстилкой; при выращивании систематически поливают. Дорастивают сеянцы 3—4 месяца. На зиму горшочки с саженцами оставлять не рекомендуется, так как под действием морозов они разрушаются. К месту посадки их доставляют в специальных ящиках, высаживают вручную.

«Ф и н н п о т» — горшочки, разработанные в Финляндии, изготавливают из торфа с добавкой связующих. В отличие от круглых горшочков «джиффи пот» они имеют форму прямоугольника и прессуются целыми блоками, друг с другом соединяются верхними краями. В последнее время блоки прессуют стандартных размеров, чтобы использовать поточные линии и вспомогательное оборудование для заполнения субстратом и посева семян, разработанные для линий «пейпер пот». Наиболее широко применяются горшочки № 615 размером 3,2×6 см, спрессованные в блоки по 50 шт. с размещением 1000 шт на 1 м², а также № 825 размером 6,5×10 см по 8 шт. в блоке с размещением 240 шт. на 1 м². Преимущества этих горшочков заключаются в том, что их прямоугольная форма позволяет формировать блоки, с которыми удобнее работать, и они дают больший выход сеянцев с единицы площади.

«К о п п а р ф о р с» (Швеция) — пластмассовые горшочки-патроны, соединенные по 67 шт. в блоки размером 22×35×8 см. Масса блока с субстратом и семенами около 3 кг. Горшочки-патроны имеют вид усеченного конуса высотой 8 см и диаметром в верхней части 3,3 см. Блоки устанавливают в грядки под снег, в период снеготаяния они увлажняются и семена прорастают. В последующем над ними монтируют полиэтиленовое покрытие и выращивают по общепринятой системе, т. е. в середине июля пленочное покрытие снимают для акклиматизации сеянцев. Для заполнения горшочков

субстратом и высева семян используют имеющиеся поточные линии, микроклимат в теплице регулируется автоматически. Блоки перевозят к месту посадки в специальных контейнерах, при этом одна автомашина с самопогружающим устройством доставляет к месту посадки до 250 тыс. семян за рейс. На месте посадки блоки с сеянцами транспортируют колесными тракторами или переносят рабочие на специальных рамах — по шесть блоков. Сеянцы вынимают из горшочка вместе с субстратом и высаживают посадочной трубой, что обеспечивает хороший контакт с почвой. Использованные блоки возвращают в питомник для многократного повторного использования.

В Канаде для выращивания посадочного материала широко используют «контейнеры» объемом от 8 до 48 см³. Размеры и объем определялись не биологическими требованиями, а чисто экономическими соображениями. Выбирали минимальные размеры, которые обеспечивали элементарную выживаемость.

«Пуля Вальтера» — контейнер для выращивания посадочного материала, разработанный в университете Британской Колумбии. Он выполнен в виде пули размером 6,3—14 см, но наибольшее распространение получил контейнер длиной 11,4 см и диаметром 1,9 см. Контейнер предназначен для посадки специальным посадочным ружьем, однако твердость стенок, длительная сохранность в почве плотного покрытия и недостаточное развитие корневой системы в связи с этим вынудили к поискам новых форм. Разработанная новая модель прямоугольной формы из жесткого пластика с усиленными ребрами, большим отверстием для выхода корня и желобками в нижней части. Емкость состоит из четырех стенок, слабо скрепленных между собой, благодаря чему облегчается разрыв сосуда в земле при развитии корневой системы. Эта система предназначена для механической посадки по типу предложенного им ранее посадочного ружья.

«Тюб-Онтарио» (Канада) — контейнер в форме свернутой трубы из полиэтиленовой пленки с открытыми концами; диаметр 1,4 см, длина 7,6 см. В последующие такие контейнеры изготавливали из твердой бумаги, тонкого картона и крафт-бумаги. Новая модификация контейнера диаметром 1,9 см и длиной 8,3 см почти вдвое большего объема.

«Стайрблок» (Канада) — контейнер, представляющий собой блок размером 36×51 см из полистирола, в котором имеются углубления для субстрата и семян. В блоках по 192 углубления диаметром в верхней части 2,5 и в нижней 0,94 см; глубина каждого 11,4 см (рис. 5, 6). В контейнерах другого типа имеется 80 углублений диаметром 9,8 см; глубина каждого 15,2 см. После выращивания в блоке сеянцы вынимают вместе с субстратом и высаживают без покрытия полиэтиленом или другим материалом, а блоки вновь используют для выращивания посадочного материала.

«Мультипот» (Канада) — система типа «Стайрблок», изготовленная из твердого пластика; размеры 22,6×36,6 см, глубина 8,1 см, диаметр в верхней части 3,3 см. В таком блоке имеется 67 отдельных углублений для выращивания семян.

«Спенсер-Лемайре» (Канада) — контейнер в виде сборных блоков прямоугольной формы, высота 10,2 см, размеры в верхней части 2,5×1,9 см; объем контейнера последней модификации

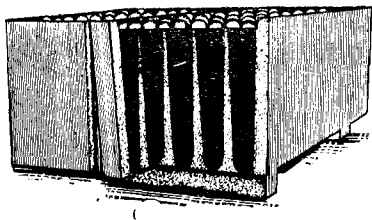
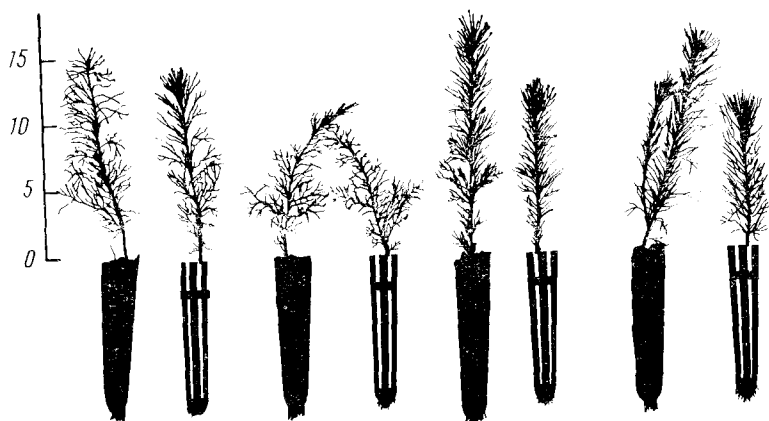


Рис. 5. Разрез пеностирольного блока

Рис. 6. Однолетние сеянцы в пеностирольных и трубчатых контейнерах



48, 161, 453 см³. Заполнение субстратом и высев семян в контейнеры производится принятыми способами.

«Торфяная сосиска» (Канада) — контейнер в виде тонкой полиэтиленовой трубки, заполненной размолотым влажным торфом; трубку разрезают на отрезки длиной 5,1—17,8 см.

«Малтибаг» (США) — контейнер в виде ряда тонких, перфорированных у основания полиэтиленовых мешочков, соединенных боковыми сторонами (по 25—50 шт. в блоке). Диаметр контейнера 3—6 см, высота 10—20 см. Они заполняются субстратом механизированным способом: 500—700 мешочков-контейнеров в 1 ч. Посадочный материал выращивается 1—2 года; перед посадкой на лесокультурную площадь мешочки снимают или разрезают, чтобы покрытие не мешало нормальному развитию корневой системы. Сравнительные объемы субстрата, количество сеянцев на 1 м² и на 1 га приведены в табл. 11.

Необходимо назвать еще один тип контейнера, разработанный и испытанный в Канаде для посадки леса с самолета. Он имеет форму авиационной бомбы со стабилизатором. В опытном порядке контейнеры сбрасывались с самолета, причем массу контейнера и высоту полета рассчитывали таким образом, чтобы контейнер воткнулся в почву до уровня корневой шейки сеянца. В опытных посадках достигнута приживаемость до 75% в самых трудных условиях захламленных лесосек и на почвах с каменистыми включениями.

11. Объем субстрата и выход посадочного материала

Система или тип контейнера	Объем, см ³	Количество на 1 м ² , шт.	Количество на 1 га полезной площади, млн. шт.
Пуля Вальтера 2 1/2	11	4334	43,34
Тюб-Онтарио 9/16	12	4036	40,36
Пуля Вальтера 4 1/2	22	3345	33,45
Тюб-Альберта 3/4	24	2691	26,91
Пейпер пот ВН-213	30	2474	24,74
Спенсер-Лемайре	37	947	9,47
Тюб-Онтарио 1	37	1550	15,50
Торфяная сосиска АРС	39	1292	12,92
Стайроблок 2 В. С.	40	1292	12,92
Пейпер пот 308	44	1711	17,11
Мульти пот	45	883	8,83
Спенсер-Лемайре	48	1410	14,10
Джиффи пот 7	65	441	4,41
Пейпер пот ГН-408	70	1076	10,76
Коппарфорс	100	868	8,65
Стайроблок 8 В. С.	125	441	4,41
Торфяной горшок 7	153	280	2,80
Спенсер-Лемайре	161	628	6,28
Нисула	170	588	5,88
Брика I	240	666	6,66
Торфяной горшок 8	244	247	2,47
Спенсер-Лемайре	453	348	3,48
Брика II	480	333	3,33
Торфяной горшок	526	204	2,04

Большая работа проводится по механизации и автоматизации процесса зарядки блоков и контейнеров. К настоящему времени создано ряд полуавтоматических линий, в частности в Канаде разработана такая линия по зарядке контейнеров производительностью 50 тыс. шт/ч. Контейнеры механизированным способом формируют в блоки по 532 шт. и наполняют торфом, который после просеивания прогревается электрическим током. Воздухом в каждый контейнер подается одно семечко. Весь блок заряжается за один прием. Семена в контейнерах закрываются песком. Приготовленные контейнеры устанавливают на гидроплатформы и подают в теплицы. Все процессы механизированы и полуавтоматизированы; норма на 6-часовой день 61 тыс. контейнеров на человека.

Научно-исследовательские учреждения сейчас работают над выяснением оптимальных размеров контейнеров или субстрата, состава и плотности субстрата, времени выращивания в теплицах, периодов акклиматизации и посадки. Предварительные результаты показывают, что сеянцы, выращенные в контейнерах диаметром 3,2—3,8 см, обладают лучшими качествами и быстрее ростом, однако из-за их высокой стоимости более широкое распространение получают контейнеры диаметром 1,5 см. Что касается сроков,

то со второй половины августа посадка не рекомендуется, так как наблюдаются большой отпад и очень медленный рост сеянцев.

Специалисты Канады ставят задачу создать удобный контейнер, приспособленный не только для ручной, но и для механизированной посадки, сравнительно дешевый и биологически разлагающийся после посадки. Всем этим требованиям в наибольшей степени отвечает бумажный горшочек «пейпер пот» (Япония), который быстро разлагается в почве и в то же время сохраняет форму не только в период выращивания в теплице, но и при перевозках.

При многих положительных сторонах производства посадочного материала с закрытой корневой системой полиэтиленовые покрытия и излишне богатый состав субстрата приводят и к отрицательным явлениям. Прежде всего необходимо отметить, что полиэтиленовая пленка, как бы перфорирована она ни была, тормозит нормальное развитие корневой системы, особенно при малом объеме субстрата. Во время посещения Канады мы имели возможность раскопать корневые системы лесных культур в возрасте 10 лет и могли заметить, что полиэтиленовые покрытия не разложились и заметны на корневой шейке. Во многих случаях они оставляют перетяжки корневой шейки. Помимо этого, сильное развитие корневой системы в малом объеме богатого субстрата приводит к ее деформации: когда она выходит из субстрата, изгибается и часто возвращается обратно в богатую среду, не формируя стержневого корня. При наших раскопках на легких супесчаных почвах в 8-летних культурах стержневой корень не просматривался, хотя четко был выражен у выкопанного экземпляра самосева сосны на этом же участке. Это явление наблюдалось и в других местах Канады. Излишне богатый субстрат, особенно компосты, используемые в теплицах, впоследствии оказывает отрицательное влияние на устойчивость сеянцев в естественных условиях, особенно когда они попадают в бедные почвы и тяжелые условия. Поэтому оптимальный выбор субстрата имеет большое значение при выращивании сеянцев и саженцев в теплицах и особенно при выращивании их с закрытой корневой системой.

В Финляндии и Швеции при выращивании сеянцев хвойных пород используют только хорошо разложившийся моховой фрезерный торф или торфяную крошку. В Канаде предпочитают хорошо разложившийся просеянный торф с добавкой минеральных удобрений. Лучшим

субстратом для выращивания посадочного материала в теплицах Чехословакии считается переходной и верховой болотный торф, а в ГДР для выращивания сосны обыкновенной и березы бородавчатой — травяной торф слоем примерно около 10 см на подстилке минеральной почвы. В нашей стране применяется субстрат самый разнообразный — от слаборазложившегося мохового торфа, смеси супеси и травяного торфа до хорошо разложившегося сфагнового торфа на минеральной подстилке. Существенное значение имеет также оптимальная плотность субстрата.

Серьезные исследования по использованию различных субстратов проведены учеными Латвийского научно-исследовательского института лесохозяйственных проблем, где разработан посадочный материал «Брика». В ходе экспериментальных исследований выявлено, что он имеет ряд преимуществ перед известными типами посадочного материала с закрытой корневой системой. По данным М. К. Буша (1974), наиболее перспективно с точки зрения механизации работ, сохранения точных размеров и прочности кома применение торфяных плит, которые удовлетворяют и биологическим требованиям. В качестве субстрата рекомендуется использовать мало разложившийся сфагновый торф, пропитанный раствором минеральных удобрений и микроэлементов. В результате проведенных исследований разработан технологический режим производства торфяных плит, обеспечивающий высокое водопоглощение и быструю пропитку питательным раствором.

Посадочный материал «Брика» принципиально отличается от всех других тем, что сеянец помещается между двумя торфяными плитками размером $50 \times 15 \times 160$ или $100 \times 15 \times 160$ мм, которые затем скрепляют перфорированной полиэтиленовой пленкой и скатывают в рулоны. Приготовленные брикеты опускают в пропиточную ванну с питательным раствором и выставляют на доращивание. Саженьцы «Брика» в рулонах или пакетах хорошо растут и сохраняют форму, что позволяет их использовать при механизированной посадке и перевозить к месту посадки без контейнеров.

Технология выращивания сеянцев в контейнерах постоянно претерпевает изменения. Поскольку трубчатые сосуды с твердыми стенками вызывают деформацию

корневой системы, то ведутся постоянные поиски материалов, быстро разлагающихся в почве.

Одним из таких материалов является поликапролактон, разработанный в США, который под действием влажности и воздуха относительно быстро разлагается в почве. Однако этот материал не лишен и ряда недостатков, связанных со сроками разложения. Так, преждевременное разложение покрытия, до момента посадки растений в почву, снижает эффективность выращивания насаждений таким посадочным материалом. Повышенная влажность почвы значительно ускоряет процесс разложения, а длительный засушливый период приводит к ненужному сохранению покрытия, отрицательно сказывающемуся на развитии корневой системы.

В США был проведен первый Североамериканский симпозиум (1974 г.) по выращиванию лесных культур посадочным материалом с закрытой корневой системой (Sibert, 1974). Симпозиум собрал более 500 участников — ученых, лесоводов и владельцев питомников США и Канады. Отмечено, что в США количество выращиваемого посадочного материала с закрытой корневой системой в 1974 г. увеличилось по сравнению с 1970 г. в 70 раз. Такой резкий скачок стал возможен в результате большой заинтересованности государственной лесной администрации, а также широкого развития специализированного питомнического хозяйства в акционерных обществах лесной промышленности и крупных частных фирмах. Это объясняется тем, что в большом количестве требуется посадочный материал американских видов сосны и ели, а также других хвойных и лиственных пород для защитного лесоразведения в прериях. Большой интерес представляет выращивание саженцев эвкалипта с закрытой корневой системой в крупных емкостях: за 6 недель они достигают высоты около 50 см, к концу первого года выращивания — 2 м, а к концу второго — уже 8 м, т.е. высота увеличивается в 16 раз, в то время как при выращивании в открытых питомниках за такой же период высота увеличивается вдвое.

На симпозиуме были представлены различные системы и способы выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой, детальное описание которых приведено ранее, оборудование, обеспечивающее механизацию и автоматизацию подготовительных работ и процесса выращивания в стационарных оранжереях и теплицах из пластика, а также экономические расчеты. Расходы на выращивание посадочного материала с закрытой корневой системой в контролируемой среде зависят от размеров емкостей, времени выращивания и потребности энергии. Отмечено, что закрытые стационарные оранжереи с полностью управляемыми условиями выращивания, хотя и дают возможность оптимального использования площади в течение всего года, но при дальнейшем повышении стоимости энергии не могут конкурировать с теплицами из пластика и под полиэтиленовым покрытием. Поэтому последние признаны более предпочтительными. Что касается оптимального состава субстрата, то в выступлениях подчеркивалось, что тяжелый и плотный торф даже в смеси с песком не является лучшим субстратом, так как сильно задерживает влагу, а это представляет большую опасность для распространения корневой гнили — глыбка изнутри не проветривается и тормозит процесс роста корневой сис-

темы. Как один из видов субстрата, на котором получены хорошие результаты, особенно при выращивании дугласии, рекомендовалась перемолотая кора дугласии, тсуги и ели.

Большое внимание уделялось удобрениям, которые оказывают решающее влияние на результаты выращивания, качество растений и готовность посадочного материала с закрытой корневой системой к использованию. На различных примерах было показано, что на ход роста растений влияет не общее количество, а состав органических и минеральных удобрений: высокое содержание азота и незначительное содержание фосфора и калия увеличивают прирост растений, повышенное содержание фосфора и калия способствует увеличению диаметра поперечного сечения побега и сокращает сроки развития верхушечной почки и одревеснения. Удобрения рекомендуются вводить одновременно с поливом и как относительно быстро действующие элементы. В межвегетационный период хорошо показано введение слабого раствора удобрений при любом орошении.

Для лучшей подготовки растений к зимнему периоду начинают регулировать фотопериодизм. С учетом стадийных особенностей развития растений разрабатывают методы регулирования наступления зимнего покоя у семянцев и саженцев древесных пород, выращиваемых в теплицах. Фотопериодическая реакция на укороченную длину светового дня, например до 8 ч, позволяет привести в состояние зимнего покоя саженцы и в июле—августе: прекращается их рост и закладываются верхушечные почки. После восстановления естественной продолжительности освещения побеги одревесневают и зимняя подготовка почек заканчивается раньше, чем в естественных условиях. При этом определенную роль играют температурные и влажностные условия, удобрения, густота посадки и другие факторы. Растения желательно высаживать в состоянии покоя.

В Швеции проводили эксперименты с разновидностями лиственницы. После введения 8-часового светового режима, через две недели прекращался рост, наблюдались пожелтение хвои и закладка верхушечных почек. В аналогичных опытах с елью была обнаружена такая же тенденция. Опыты с пихтой Дугласовой в США также показали, что конец роста регулируется длиной дневных фотопериодов. Верхушечная почка начинает формироваться, если количество света в один фотопериод меньше 10 ч в день. Большой интерес представляют опыты по выращиванию растений с закрытой корневой системой с введением в субстрат микоризы. Например, введение микоризы способствовало значительно лучшему развитию сосны арканзасской. Такие растения и при посадке на постоянное место показывают значительно лучшие результаты по приживаемости и росту. Это характерно и для других пород. Получение и выращивание микоризы еще связаны с большими трудностями, поэтому необходимы исследования разных штаммов — микоризы для различных популяций.

Таким образом, выращивание посадочного материала с закрытой корневой системой имеет большие возможности с точки зрения механизации и автоматизации производственных процессов; при использовании такого материала для лесовосстановления и лесоразведения

получают лучшие результаты по приживаемости и росту насаждений, кроме того, значительно удлиняется период посадки. Для широкого внедрения метода посадки с закрытой корневой системой требуется разработка специальной технологии и системы машин.

Рассматривая все виды посадочного материала с точки зрения целесообразности использования его в наших условиях, необходимо отметить, что сравнительно мелкие сеянцы с малым объемом субстрата могут найти применение лишь в определенных условиях, где они не будут сильно заглушаться травянистой растительностью.

При выращивании посадочного материала с закрытой корневой системой под полиэтиленовой пленкой наблюдаются торможение нормального развития и резкая деформация корневой системы, что впоследствии сказывается на росте и устойчивости насаждений. По нашему мнению, в открытых питомниках или в теплицах с контролируемой средой, сеянцы следует укрывать местным субстратом без пленочного покрытия. Объем, плотность и состав субстрата должны обеспечивать нормальный рост и развитие до момента посадки на постоянное место.

Выращивание саженцев в школах. В настоящее время наблюдается тенденция создавать уплотненные посадки в школьных отделениях. В школы пересаживают сеянцы хвойных пород высотой 7—15 см с предварительно подрезанными корнями до 15 см. Метод посадки (ручной или механизированный) определяется в зависимости от объема работ, уровня питомнического хозяйства и экономических условий. Для мелких питомников характерны ручная посадка и выращивание на искусственном субстрате, чаще всего на хорошо разложившемся торфе.

В Финляндии слой субстрата (торф с удобрением) насыпают толщиной 40 см, уплотняют и затем проводят посадку с использованием доски-шаблона, называемого иногда ручным станком. Для равномерного размещения сеянцев по площади применяют разметочную доску, которую укладывают вдоль посадочного ряда, а по ее стенке откапывают щель с вертикальной стенкой глубиной 20 и шириной 15 см. На доске-шаблоне имеется разметка в виде прорезей, в которые укладывают сеянцы, зажимают их в верхней части рейкой и переносят для посадки в подготовленную щель. После установки шаблона вместе с сеянцами в щель корневую систему засыпают субстратом, снимают прижимную рейку, сеянцы

окончательно освобождают и заделывают. Прорези на шаблоне делают через 5 и 10 см с учетом сроков выращивания и необходимого количества семян на 1 га. На искусственном субстрате иногда высаживают на 1 га до 1 млн. семян. Хотя эта работа и производится вручную, но применение простейших приспособлений в виде разметочной доски и шаблона позволяет значительно ускорить посадки при равномерном распределении растений по площади и высоком качестве работ.

При закладке школ на искусственном субстрате механического ухода за ними не требуется, так как субстрат предварительно обрабатывают химическими веществами и сорняки не появляются. Для предупреждения грибковых и бактериальных заболеваний саженцев субстрат периодически меняют, при этом использованный вывозят на удобрение.

В США при ручной посадке используют специальную посадочную кассету с прорезями для семян, которые удерживают специальным откидным зажимом. Посадочную щель готовят специальным приспособлением в виде широкой клиновидной лопаты; иногда для этой цели используют специальный конный плуг. После установки кассеты в приготовленную щель семена заделывают, освобождают зажим и вынимают кассету. Кассеты бывают разной длины — от 183 до 305 см, наиболее часто применяемые расстояния между сеянцами (прорезями) 3,8—5 см. Кассеты заряжают на столах в специально приспособленных помещениях или под навесом, где хранят семена, корни которых постоянно смачивают для предохранения от высыхания.

Для механизированной посадки семян в школьных отделениях в ряде зарубежных стран используют специальные посадочные машины или приспособляют для этих целей сельскохозяйственные машины. В Канаде при создании школьных отделений в открытом грунте чаще используют рассадочную машину датского производства, которая в первый проход делает шесть рядов, на обратном пути ее переставляют на нужное расстояние в сторону, чтобы трактор шел по своему следу, а между высаженными рядами посадить еще пять рядов. Достоинства этой машины заключаются в следующем: на 1 га можно высадить 800 тыс. семян, а прямолинейность и параллельность рядов позволяют в последующем проводить механизированный уход. При использовании шестирядной посадочной машины «Холлтонд» обычно составляют агрегат из двух машин и трактора, который обслуживают 16 человек (тракторист, 12 сажальщиков и три оправщика), за смену высаживают около 180 тыс. растений.

В США для закладки уплотненных школ модернизировали самоходную рассадочную машину, сделав шаг посадки 5,7 см. Такая машина высаживает одновременно в две ленты по 7-рядной схеме посадки с расстоянием между рядами в ленте 18 и между лентами 50 см. Производительность машины 30 тыс. семян за 8 ч. Семисекционная посадочная машина «Новая идея» обеспечивает закладку 7-рядной ленты с шириной междурядий 18 и шагом посадки 4—6 см. Машину обслуживают 8 человек, производительность 70 тыс. семян за 8 ч.

В Швеции для закладки школьных отделений используют 12-секционную посадочную машину «Аккорд» (производство ФРГ) производительностью за смену 240 тыс. семян при расстоянии меж-

ду сеянцами 4—5 и между строчками 20 см. Иногда практикуются 4- и 6-строчные схемы посадок с расстоянием между лентами 55 см.

В Швеции закладывают школы сеянцами в бумажных лентах. На ленту наносят слой специального клея, затем укладывают сеянцы через 5 см и закрывают второй лентой. Ленты вместе с сеянцами склеивают на специальной установке и свертывают в рулон. Посадку осуществляют под специальный плуг с лемехами, являющимися одновременно направляющими шинами для лент с сеянцами, которые по достижении определенной глубины заделываются землей. Этот способ получил высокую оценку и считается перспективным в связи с высокой производительностью, возможностью длительного хранения лент и предварительной подготовки рулонов в любое время. При закладке школ лентами высаживают 25 тыс. сеянцев в 1 ч.

В ФРГ используют несколько типов посадочных машин. На самоходном шасси шарнирно крепится 1-секционная посадочная машина «Хара», способная производить узкорядную ленточную посадку сеянцев. Ширина ленты 1,6 м и междурядий в ленте 16, 18, 20, 25 и 30 см, минимальный шаг посадки 5 см; расчетная плотность посадки до 900 тыс. растений на 1 га; рабочий за один проход машины высаживает ряд растений в ленте, а за 1 ч — около 2 тыс. В 5-секционной полунавесной посадочной машине Эверса посадочные секции располагаются в два ряда: три крепятся к переднему брусу рамы, две — к заднему. Минимальный шаг посадки 5 см, расчетная плотность посадки 660 тыс. растений на 1 га. Такой агрегат обслуживают тракторист и пять сажальщиков; производительность 100 тыс. сеянцев за 1 ч. Посадочная машина «Культимакс» имеет шесть секций: возможный шаг посадки 5 см (регулируется сажальщиками), расстояние между рядами 25 см.

В ГДР применяют 7-секционную посадочную машину А-812, которая высаживает в школьном отделении сеянцы хвойных и лиственных пород с высотой надземной части 10—20 и длиной корневой системы 15 см. Машина агрегируется с самоходным шасси РС-0,9 и при 7-рядной ленточной схеме с расстоянием между рядами 21 и шагом посадки 8 см способна посадить около 500 тыс. сеянцев на 1 га. Производительность машины 7 тыс. сеянцев за 1 ч.

Уплотнение сеянцев в школах производится в основном за счет сокращения расстояния между растениями в ряду при относительно широких междурядьях для проведения механического ухода, однако проводят его очень ограниченно (рис. 7), преобладает, как правило, химический уход.

В настоящее время все больше внимания уделяют летней посадке в школах. Считается, что летнее перешколивание обеспечивает равномерную занятость рабочих; сеянцы, высаженные в школу в возрасте 0,5—1,5 года, не уступают саженцам того же возраста, высаженным в школу 2-летними сеянцами; сеянцы не под-



Рис. 7. Общий вид школьного отделения

вергаются поздним весенним заморозкам; это более выгодно с точки зрения экономики и организации работ; для выкопки и выборки саженцев используют машины такого же типа, как и в питомниках.

Глава IV

ЕСТЕСТВЕННОЕ ВОЗОБНОВЛЕНИЕ

При искусственном лесовосстановлении, особенно быстрорастущими древесными породами и с плантационным ведением хозяйства, в основном решается проблема воспроизводства древесины — одного, хотя и весьма важного, вида лесных ресурсов; плантационное хозяйство не может в полной мере воспроизводить все полезности леса. В связи с этим сохраняется исключительно важное значение лесов естественного происхождения как основного носителя и производителя всех важнейших полезных функций леса. Поэтому далеко не во всех случаях предпочтительно искусственное создание лесов.

Преимущества естественного возобновления с точки зрения биологии и экономики подчеркивали Г. Ф. Морозов (1930, 1949, 1971), Л. И. Яшнов (1931), В. П. Тимофеев (1968), И. С. Мелехов (1966) и др. При естественном возобновлении сохраняются более благоприятные водно-физические свойства почв, что имеет весьма важное значение для формирования высокопродуктивных будущих древостоев; исключается необходимость применения лесовосстановительной техники в труднопроходимых условиях, а также раскорчевки пней на вырубках.

На данном этапе ведения промышленных лесозаготовок и уровня лесного хозяйства преимущества естественного возобновления особенно характерно проявляются в таежных лесах Северо-Запада. Однако успех дела может решить не само по себе складывающееся естественное возобновление, а целенаправленная лесоводственно-эффективная и экономически приемлемая система рубок, которую следует применять с учетом лесорастительных районов и типов леса, условий обсеменения, региональных особенностей естественного возобновления хвойных пород и соответствия условий среды биологическим особенностям самосева и подроста. Так, при выборочных рубках создаются лучшие условия для возобновления, при сплошных концентрированных рубках — худшие, причем при тракторной трелевке и неорганизованной лесосеке естественное возобновление леса в течение длительного времени не обеспечивает восстановления материнской хвойной породы. Еще В. Я. Добровлянский (1888), анализируя сведения о естественном возобновлении вырубок на площади 83 тыс. десятин, полученные из обследования сосновых лесов в 27 губерниях и 242 лесничествах, отмечал, что половина их не возобновилась сосной. Н. К. Генко (1900), исследовавший неудовлетворительно возобновившиеся вырубки, в целях улучшения этого процесса предложил проводить трехприемные семенолесосечные рубки. Г. Ф. Морозов (1909) указывал, что плохое естественное возобновление сосны при разных способах рубок объясняется шаблонным их применением, что способ рубок должен соответствовать природе соснового леса вообще и природе данного типа в частности, а также экономическим условиям места и времени.

Естественное возобновление леса — процесс динамичный, и его успешность определяется множеством факторов, основными из которых являются тип леса, структура насаждений, биологические особенности древесных пород и лесорастительные условия. Например, хвойные вырубки зачастую заселяются осиной и березой не только в силу их способности быстро обсеменять новые места, но и потому, что им подходят почвенно-климатические условия. Особенно заметная смена хвойных пород мягколиственными происходила в послевоенный период в большинстве областей европейской части страны, где шла интенсивная эксплуатация лесов для удовлетворения нужд народного хозяйства. Это можно проследить по материалам учета лесного фонда, начиная с 1949 г., сравнением процентного участия хвойных пород в составе молодняков I класса возраста и спелых насаждений. В лесах европейской части СССР доля хвойных в составе молодняков по занимаемой площади составляла 40 и доля мягколиственных 48%, в то время как в составе спелых насаждений — соответственно 70 и 18%. По данным учета лесного фонда на 1/I 1952 г., площади хвойно-широколиственных насаждений в лесном фонде СССР уменьшились на 1%, а мягколиственных увеличились на 4%, в лесном фонде РСФСР площади хвойных насаждений уменьшились на 2%, а мягколиственных увеличились на 8%.

В лесном фонде центральных, южных и западных районов, по учету на 1/I 1956 г. и в последующие годы, отмечалось заметное увеличение хвойно-широколиственных насаждений при одновременном уменьшении доли мягколиственных за счет широкого создания лесных культур хвойных пород.

Основная смена хвойных пород происходила в Северном и Северо-Западном районах, где проводились сплошные (концентрированные) рубки (Жуков, 1962). Так, за 1951—1955 гг. в лесном фонде Северо-Западного района доля мягколиственных насаждений увеличилась на 23 и в лесном фонде Уральского района на 15%. Аналогичные данные получены и в результате учетов лесного фонда на 1/I 1961 г. и 1/I 1966 г. Особенно заметна смена хвойных пород в лесах Архангельской и Мурманской областей, Коми и Карельской автономных республик.

А. П. Шиманюк (1955) разделил сосновые типы леса Северо-Западного района на четыре группы по их способности к возобновлению; при этом он отметил, что в наиболее распространенных во всех районах тайги сосняках-черничниках естественное возобновление идет чаще всего через смену пород. В сложных и травяных борах, в кисличниках смена пород вообще неизбежна и лесовосстановление материнской породой возможно только искусственным путем. Он составил ряд типов леса по возрастающей интенсивности смены пород: боры вересковые, брусничные, зеленомошно-мшистые и лишайниковые (или беломошники), сосняки долгомошные и сфагновые, боры черничные, кисличные, травяные, сложные с подлеском из липы и других кустарников, сосново-елово-лиственничные с подлеском из липы, сосново-еловые и сосново-елово-лиственничные.

С развитием лесозаготовок в Архангельской области проводилось немало исследований по естественному возобновлению хвойных пород. Все исследователи отмечают факты смены пород в различных лесорастительных условиях и различных типах леса, однако количественное выражение весьма различно.

Северным лесоустроительным предприятием обследовано 17,8 тыс. га вырубок на общей площади 2759 тыс. га. В результате установлено, что плохо возобновившиеся вырубки составляют в среднем только 2—3%, их возобновление ожидается в течение 10—20 лет. А. А. Молчанов и И. Ф. Преображенский (1957) отмечали, что в ельниках-зеленомошниках через 6—10 лет после рубки ель возобновилась на 50% площади, в том числе удовлетворительно всего лишь на 6%. В сосняке-зеленомошнике вырубки 6-летней давности только на 29,5% возобновляются сосной и на 23,4% елью, а остальная часть — лиственными породами.

По данным П. Н. Львова (1971), исследовавшего вырубки в бассейне р. Сев. Двины, примерно $\frac{1}{2}$ площадей возобновляется после рубки; на площади около 40% требуется 10—15, а иногда 20 лет и более; около 10% лесосек практически не возобновляются естественным путем, поскольку период возобновления растягивается на ряд десятилетий, они заселяются березой и осиной, т. е. происходит смена пород. По материалам исследо-

ваний В. Г. Черговского (1972), естественное возобновление характеризуется в целом как успешное.

И. С. Мелехов (1958, 1972), отмечая успешный ход естественного возобновления концентрированных вырубок, подчеркивал преимущественное появление березы, участие которой возрастает по мере увеличения влажности почвы. Еще в 30-х годах, когда не было на лесосеках такой техники и не в такой мере нарушалась лесорастительная среда, он отмечал, что не во всех условиях хвойные вырубки возобновляются материнской породой: на правобережье р. Сев. Двины естественное возобновление на концентрированных еловых вырубках идет частично березой.

Возобновительные процессы на вырубках северных лесов описывают по типологии вырубок, разработанной И. С. Мелеховым (1954, 1958, 1962, 1964), который разделял их на 2 группы: с сохранением покрова, приспособившегося по своей экологии к условиям сплошных вырубок, и с резким изменением растительного покрова после рубки. Тип вырубки определяется ходом естественного возобновления: при быстром и успешном возобновлении растительный покров не меняется совсем или меняется ненадолго — с началом хорошего возобновления прежняя растительность часто восстанавливается; появление же новых видов растительности и продолжительное произрастание их на вырубке может создать новые условия, которые надолго задержат естественное возобновление не только хвойных пород, но и лиственных.

Количество подроста под пологом связано с рядом факторов, но характер их проявления зависит от густоты и возрастной структуры насаждений, от сомкнутости полога. Подроста больше, как правило, в разновозрастных, перестойных и низкополнотных насаждениях. В Архангельской области в зеленомошной, сфагновой и травяной группах типов леса преобладают еловые, а в лишайниковой и багульниковой — сосновые древостой. Перестойные насаждения, изреженные выборочными рубками, имеют значительное количество жизнеспособного подроста. По данным лесоустройства и исследований Архангельского института леса и лесохимии, полностью отсутствует подрост хвойных пород под пологом леса в сосновых лесах на 4% площади и в

еловых на 1%, а густой и средней густоты подрост (свыше 3 тыс. шт/га) — соответственно на 59 и 61% площади. Успешность облесения вырубок в сосновых лесах Вологодской области представлена в табл. 12

12. Успешность облесения хвойными породами вырубок в сосновых лесах, %

Тип вырубок	Распределение площадей вырубок по успешности облесения				
	очень хорошее (15 тыс. на 1 га)	хорошее (9—15 тыс. на 1 га)	удовлетворитель- ное (3—9 тыс. на 1 га)	недостаточное (1—3 тыс. на 1 га)	неудовлетвори- тельное (1 тыс. на 1 га)
Лишайниковые	25	63	12	—	—
	24	76	—	—	—
Вересковые	—	—	44	56	—
	8	72	20	—	—
Вейниковые	—	1	30	31	38
	—	12	27	37	24
Кипрейно-вейниково-паловые	—	—	100	—	—
	—	19	81	—	—
Сфагновые	—	—	29	71	—
	—	9	34	57	—

Примечание. Над чертой — данные по вырубкам 1—5 лет, под чертой — 6—10 лет.

(Нилов, 1972). По утверждению автора, в облесении лишайниковых вырубок главную роль играет сохранившийся при лесозаготовках молодняк сосны. Обычно в этом типе подрост бывает до 200 тыс. на 1 га, поэтому если останется половина, то к 4—5 году после рубки насчитывается 40—60 тыс. сосенок на 1 га; последующее возобновление проходит успешно, и через 3—4 года количество самосева достигает 6 тыс. на 1 га. В целом лишайниковые рубки относятся к категории удовлетворительно возобновляющихся и основными мероприятиями по лесовосстановлению следует считать сохранение подроста при лесозаготовках. Вересковые рубки обычно возобновляются за счет молодняка предвари-

тельной генерации, хотя и последующее возобновление сосны проходит успешно. К 5 годам имеется в среднем 6,5 тыс. самосева сосны, а через 9—10 лет после рубки количество молодняка сосны увеличивается до 14—15 тыс. на 1 га. Вейниковые вырубки возобновляются обычно замедленно, особенно в связи с сильным разрастанием травяного покрова. Самосев сосны, появившейся сразу после рубки, растет лучше, чем сосенки, поселившиеся в период максимального разрастания вейника. В целом к 10 годам на вырубке насчитывается около 20 тыс. шт. за счет незначительного количества предварительного возобновления и в основном за счет молодняка последующего возобновления. Кипрейно-вейниково-паловые вырубки возобновляются в основном за счет последующего возобновления, причем основная масса самосева сосны появляется обычно в первые 2—3 года (до 3—4 тыс. на 1 га), а через 7—8 лет количество его достигает 10 тыс. Сфагновые вырубки удовлетворительно возобновляются за счет предварительного хвойного молодняка, а последующее возобновление проходит замедленно. К концу первого 10-летия насчитывается 2—2,5 тыс. шт. самосева сосны и поселяется до 10 тыс. самосева березы.

Для сравнения можно привести данные о наличии подроста в различных типах сосновых лесов по материалам изучения хода возобновления вырубок, проведенного группой лесовосстановления и повышения производительности леса ЦНИИЛХ в 1938 г. В сосняке-брусничнике общее количество подроста достигло 20,2 тыс. шт., причем жизнеспособного 11,6 тыс. шт., или 57%. Примерно половину общего количества составлял еловый подрост, в том числе 70% жизнеспособный. Что касается соснового подроста, то жизнеспособного было 44%. На другом участке было 17,7 тыс. исключительно елового подроста, причем 76% жизнеспособного.

По данным экспедиции ЦНИИЛХ, работавшей в Коми АССР (Н. Е. Декатов, 1936), под пологом сосняков-брусничников при полноте древостоя 0,4—0,5 насчитывалось 45—65 тыс. шт. преимущественно соснового подроста; возобновление материнской породой, особенно при беглых пожарах, и еловое возобновление при средней полноте проходило удовлетворительно. В сосняке-черничнике основную массу подроста составлял еловый,

причем из 6 тыс. шт. 5,5 тыс. жизнеспособный. На других участках жизнеспособного подроста было от 83 до 95%. Замечено, что при меньшем общем количестве подроста больше жизнеспособного, при большой густоте (39 тыс. шт/га) и жизнеспособного подроста насчитывалось 26%, причем более половины средней высотой 1 м. Возобновление под пологом сосняков-черничников можно считать удовлетворительным при полноте ниже 0,6 в старых изреженных древостоях, при полноте 0,6—0,7 предварительного возобновления недостаточно. В сосняке сфагново-черничном подрост исключительно еловый и в недостаточном количестве, что объясняется наличием мощного мохового покрова с преобладанием сфагнума и подстилки слоем 15 см из полуразложившегося очеса мха.

Возобновление под пологом ельников проходит несколько иначе. В зеленомошно-черничном ельнике насчитывалось 7,6 тыс. елового подроста высотой до 0,2 м в возрасте 7—10 лет, причем 3,6 тыс. жизнеспособного. В ельнике-брусничнике насчитывалось 11,7 тыс. подроста, в том числе 3,5 тыс. жизнеспособного. Подрост разновозрастный, преобладающая высота до 0,6 м с групповым расположением, что связано с ранее проведенной выборочной рубкой. В этом типе леса в Карелии насчитывалось 3,6—4,9 тыс. подроста, а в Архангельской обл. — 4 тыс. В ельнике-черничнике, где ранее были проведены интенсивные выборочные рубки и в результате происходило обильное возобновление, насчитывалось 23—28 тыс. елового подроста на 1 га, в том числе 13—15,8 тыс. жизнеспособного. На других участках было 8,7 тыс. елового подроста и в том числе 3,6 тыс. шт. жизнеспособного; при большей полноте эти показатели составляли соответственно 3,8 и 2 тыс. на 1 га, а при полноте 0,6—6,8 тыс. (74% жизнеспособного с интенсивным приростом). В общем считается, что предварительное возобновление под пологом в ельниках-черничниках при полноте до 0,6 хорошее, а при полноте 0,8—0,9 неудовлетворительное.

Сравнение вышеприведенных материалов по Вологодской области с более поздними (Нилов, 1971) показывает, что при рубке ельников-черничников на 1 га лесосек сохраняется 4—6 (до 10) тыс. предварительного молодняка ели, преимущественно самосева и мелкого

подроста (95%). Последующее возобновление на вырубках с разросшимся вейником (вейниковые рубки) идет крайне медленно, но зато они успешно заселяются лиственными породами (табл. 13; Нилов, 1971). Как показывают данные табл. 13, в целом рубки хвойных лесов Вологодской области возобновляются успешно, но в большинстве случаев с преобладанием лиственных пород.

13. Успешность возобновления хвойными породами площадей рубок в ельниках Вологодской области

Тип рубок	Распределение площадей по успешности облесения, %				
	очень хорошее (более 15 тыс. на 1 га)	хорошее (9—15 тыс. на 1 га)	удовлетворитель- ное (3—9 тыс. на 1 га)	недостаточное (1—3 тыс. на 1 га)	неудовлетвори- тельное (до 1 тыс. на 1 га)
Вейниковые*	—	—	2	43	55
		18	20	49	31
Кипрейные*	—	2	79	14	5
	21	16	46	15	—
Кипрейно-вейниковые*	—	—	5	32	3
			59	25	—
Малинниковые**	—	—	67	26	7
Куртинно-боровые**	—	—	7	19	74
Широкотравные**	—	—	4	45	51
Осоко-долгомошные*	—	—	8	58	34
			59	47	14
Осоко-сфагновые***	—	—	10	43	47

* Над чертой — данные по рубкам 1—5 лет, под чертой — 6—10 лет.

** Данные по рубкам 1—5 лет.

*** То же, 6—10 лет.

По возобновлению рубок в лесах Коми АССР имеется материал нескольких обследований, проведенных предприятиями лесного хозяйства, Союзгипролесхозом

и рядом исследователей. Характер возобновления на концентрированных вырубках 3—12-летней давности в сосновых лесах показывает, что рубки 40—50-х годов возобновились вполне успешно хвойными породами за счет подроста и самосева. Технология лесозаготовок в тот период отличалась преобладанием конной трелевки и оставлением семенников, что способствовало успеху последующего возобновления. Вырубки 40—50-х годов в еловых лесах возобновились менее успешно. Однако, хотя на еловых рубках и наблюдалась закономерная смена главной породы мягколистными, среднее количество ели в наиболее распространенных типах леса было вполне достаточным для формирования насаждений желаемого состава последующими рубками ухода, если учесть при этом, что почти вся она была представлена подростом предварительных генераций.

При обследовании в 1966 г. было установлено, что 79,1% 10-летних рубок возобновилось хорошо и не требует лесокультурных мероприятий. Возобновление древесных пород отсутствовало лишь на 1,7% площади рубок 6—10-летней давности. На более поздних рубках процесс лесовосстановления еще не закончился.

Изучение состояния возобновления рубок 50—60-х годов Союзгипролесхозом в 1968 г. показало несколько меньшее количество подроста на них, чем на рубках 40—50-х годов. По-видимому, это объясняется изменением технологии лесозаготовок и прежде всего тем, что в эти годы практически не оставляли внутрилесосечные обсеменители. Возобновление хвойных пород на рубках было представлено в основном подростом предварительного возобновления. Хотя общее количество подроста хвойных пород и снизилось, но оно было значительным и даже преобладающим в составе главных лесобразующих пород исходных типов леса.

Развитие интенсивной лесозаготовки в Карелии привлекло внимание многих специалистов к естественному возобновлению на концентрированных рубках. Серьезные исследования естественного возобновления начали проводить еще в 1932 г. под руководством проф. М. Е. Ткаченко. В сосновых насаждениях северной части республики отмечалось лучшее возобновление, под пологом насчитывалось соснового и елового подроста от 500 до 5200 шт/га, а в ельниках — 2,4—4 тыс. шт/га

елового подроста. Н. И. Казимиров (1971) указывал, что если сохранить на лесосеке 0,5—1 тыс. шт/га подроста хвойных пород, то формируется насаждение с их преобладанием, а к моменту рубки они созревают на 30 лет раньше, чем в обычном лесу. В случае одновременного последующего появления хвойных и мягколиственных пород в насаждении доминируют лиственные, ель развивается слабее и к возрасту рубки запасы ее в 2 раза меньше, чем березы. Обследование более 10 тыс. га сосновых вырубок на Кольском п-ве показало, что в сосняках лишайниковых и черничных (последующий) тип вырубок — лишайниковый) 86% вырубок возобновились хорошо и удовлетворительно и 14% неудовлетворительно; на чернично-багульниковых и луговиковых вырубках не было хорошего и удовлетворительного возобновления; 22,7% вересковых вырубок возобновились хорошо и удовлетворительно, хотя смены пород в этом типе не наблюдается. Следовательно, на Кольском п-ве 75% всей площади сосновых вырубок возобновляются сосной хорошо и 25% неудовлетворительно.

По данным В. Я. Колданова (1966), в лесах Удмуртской АССР смена пород проходила с интенсивностью вырубки хвойного леса, за 20 лет удельный вес хвойных пород снизился на 23% и настолько же увеличился удельный вес лиственных. С учетом данных Воронежской экспедиции Агролеспроекта, обследовавшей 185,5 тыс. га лесосек последнего 10-летия, он пришел к выводу, что с преобладанием хвойных возобновилось 20,4 и с недостаточным их количеством 21,2% березой и осиной 27% и не возобновилось вообще или недостаточно 27,8%. Однако принятые меры по сохранению подроста и искусственному лесовозобновлению позволили приостановить смену пород в лесах Удмуртии. В Псковской области наиболее распространенными типами сосновых древостоев являются брусничники, которые составляют 24% общей площади сосняков и около 16% всей лесопокрытой площади. Естественное возобновление сосны на вырубках из-под сосняков-брусничников протекает удовлетворительно как за счет подроста, так и за счет самосева. Характерно, что вырубки давностью 10 лет и больше, как правило, возобновлены сосной последующих генераций, количество которой в зависимости от наличия и характера обсеменителей варьируют в пределах от 3 тыс. шт.

при обсеменении только от стен леса до 15 тыс. шт. в количестве семенников сосны 10—20 шт/га. Лесовозобновительные процессы на более свежих вырубках (4 года и менее) еще не закончены, поэтому число деревьев сосны здесь не превышает 2 тыс. шт. или она практически отсутствует. Однако на этих вырубках отмечено достаточное количество подроста сосны предварительного возобновления, сохраненного при лесозаготовках и составляющего 20—40% общего количества подроста и самосева.

В возобновлении вырубок сосняков-черничников хвойными породами большую роль играет подрост предшествующего возобновления, если же его нет, то возобновление идет со сменой пород. Вместо вырубленных насаждений с преобладанием сосны формируются молодняки с преобладанием березы и участием елового подроста. Характерной особенностью возобновления вырубок из-под сосняков-долгомошников является то, что этот процесс происходит в первые 2—3 года после рубки, пока покров из кукушкина льна сравнительно небольшой мощности и не препятствует поселению сосны. Особенно обильный самосев сосны на расстоянии до 20 м от семенников и стен леса. Так, на 4-летней сплошной вырубке насчитывалось 13 тыс. шт/га самосева сосны в основном в возрасте 3—4 лет, а также около 7 тыс. шт/га самосева березы; высота и тех и других на лесосеках старше 5 лет бывает примерно одинакова, что приводит в этих условиях к формированию молодняков с преобладанием хвойных и без ухода за ними. При отсутствии предварительного возобновления и обсеменителей сосны долгомошные вырубки, как правило, возобновляются березой. Можно считать, что береза в этих условиях играет положительную роль. По данным Н. Е. Декатова (1961), при достаточном лесовозобновлении древесная растительность подавляет разросшиеся мхи и способствует разболачиванию вырубок. Наиболее успешно возобновляются сосной вересковые вырубки, несколько хуже — еловые.

Вырубки из-под ельников-кисличников возобновляются в большинстве случаев лиственными породами, ель представлена в основном подростом предварительного возобновления в небольшом количестве. Последующее возобновление ели затрудняет сильная задернелость, пре-

пятствующая прорастанию семян. В ельниках-черничниках обычно бывает значительное количество хвойного подроста и самосева, достаточное для формирования хвойных молодняков рубками ухода.

Обобщение материалов обследований предварительного возобновления под пологом спелых и перестойных насаждений показывает, что в подавляющем большинстве насаждений имеется подрост хвойных пород

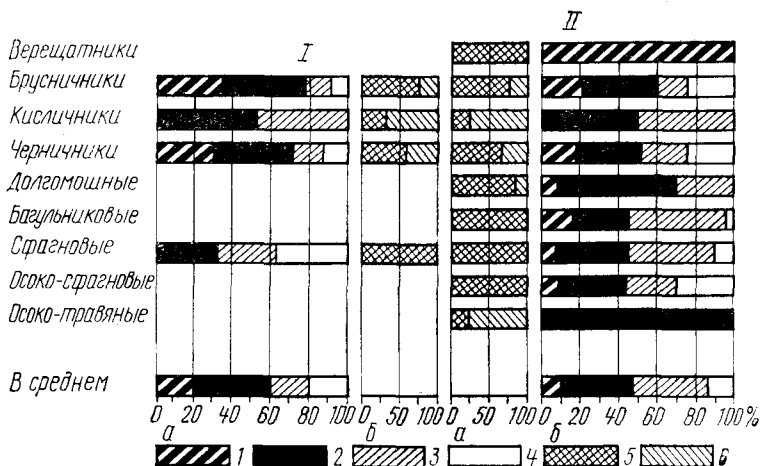


Рис. 8. Ход естественного возобновления в спелых и перестойных насаждениях:

I — подзоны средней тайги; II — подзоны южной тайги; а — по густоте; б — по преобладанию в составе хвойных пород; 1 — 5 тыс. шт/га и более; 2 — 3—5 тыс. шт/га; 3 — 3 тыс. шт/га и менее; 4 — отсутствует; 5 — сосна; 6 — ель

(рис. 8). Площадь распространенных в подзоне средней тайги сосняков-черничников и брусничников с количеством благонадежного хвойного подроста более 3 тыс. шт/га составляет 70—75%. В низкобонитетных сфагновых сосняках естественное возобновление под пологом спелых и перестойных насаждений значительно хуже — 33% их имеют количество подроста менее 3 тыс. шт/га, а на 38% площади возобновление вообще отсутствует. В сосняках-зеленомошниках подзоны южной тайги менее 3 тыс. шт/га подроста насчитывалось в 26% сосняков брусничных, 55% кисличных и 25% черничных; в подзоне средней тайги эти показатели составляли 16, 50 и

15%. В наиболее производительных типах сосновых лесов зеленомошниковой группы возобновление под пологом леса в значительной степени представлено елью. В сосняках кисличных подзоны средней тайги еловый подрост преобладает на 65% площади, в черничных на 40% и в брусничных на 23%. В подзоне южной тайги под пологом сосновых насаждений еловый подрост встречается в сосняках кисличных на 76% площади, в черничных на 39% и в брусничных на 23%. Все это говорит о возможной смене сосны елью.

В еловых насаждениях подзоны средней и южной тайги наблюдается высокая обеспеченность благонадежным хвойным подростом. Наиболее распространены черничные и долгомошные типы леса, и в них площади с подростом более 3 тыс. шт/га 54 и 67%. Еловые насаждения подзоны южной тайги в еще большей степени обеспечены подростом, чем в подзоне средней тайги. Площадь наиболее распространенных ельников-черничников с количеством благонадежного подроста более 3 тыс. шт/га составляет 80 и ельников-долгомошников 71%.

Хвойный подрост, главным образом еловый, в довольно больших количествах имеется и под пологом лиственных и лиственно-хвойных насаждений: более 3 тыс. шт/га на 61% площади березняков и 66% осинников в подзоне средней тайги. В подзоне южной тайги обеспеченность хвойным подростом под пологом спелых и перестойных лиственных насаждений еще выше. В среднем площадь березняков с количеством хвойного подроста более 3 тыс. шт/га составляет 75 и осинников 84%, что на 14—18% превышает аналогичные показатели насаждений подзоны средней тайги. Под пологом лиственных древостоев количество хвойного подроста часто превышает количество подроста в ельниках. Кроме того, этот подрост после рубки оказывается более устойчивым, чем в еловых насаждениях, так как, произрастая в условиях гораздо большей освещенности, он оказывается более приспособленным к резкому освещению при вырубке материнского полога.

Процессы естественного возобновления на вырубках изучали многие исследователи (Ткаченко, 1931; Мелехов, 1954, 1958, 1959, 1962, 1972; Шиманюк, 1955; Побединский 1961, 1966, 1970, 1973; Колданов, 1966; Моисеев, 1971; Чертовской, 1969, 1972; Львов, 1971 и др.). Обобще-

ние полученных данных дает основание отметить, что естественное возобновление вырубок в лишайниковой группе типов леса происходит, как правило, сосной, смены другими породами практически не бывает. Процесс естественного возобновления в лишайниковых борах протекает весьма различно: иногда он начинается сразу же после рубки, но часто растягивается на много лет. К этой группе типов леса по характеру возобновления стоят очень близко вересковые и вересково-брусничные типы леса. Успех возобновления во многом зависит от количества и степени развития верескового покрова. По степени возобновляемости сосной вересковые и другие близкие к ним типы леса можно поставить на первое место, так как сосна занимает господствующее положение даже на огромных площадях концентрированных вырубок, редко уступая место ели и лиственным породам. В этом типе леса оставляемые семенники оказываются более устойчивыми.

Естественное возобновление в брусничной группе типов леса, занимающих, как правило, ровные местоположения и пологие склоны с достаточно свежими песчаными и супесчаными почвами, проходит несколько хуже, чем в лишайниковой вересковой группах типов леса, однако в целом идет вполне успешно и зависит в значительной мере от наличия источников обсеменения. Черничная группа типов леса занимает ровные или слегка пониженные местоположения со свежими и даже влажными почвами, что создает более трудные условия для естественного возобновления хвойных пород, поэтому здесь наблюдается смена пород. В этой группе успешное возобновление главной породой происходит тогда, когда имеются источники обсеменения и своевременно проводятся мероприятия по содействию естественному возобновлению. Значительно хуже идет естественное возобновление в кисличной и травяной группах типов леса. Значительная часть лесосек в первые же годы после рубки затягивается обильно разрастающейся травянистой растительностью, плотная дернина препятствует возобновлению не только хвойных, но и лиственных пород. В долгомошной и сфагновой группах типов леса, располагающихся на ровных или несколько пониженных местоположениях, процесс возобновления растягивается на длительное время, причем появляются береза и осина. Для

успешного возобновления главными породами крайне необходимы минерализация почвы и разрушение поверхностного покрова мхов.

В еловых лесах естественное возобновление вырубок проходит несколько хуже, чем в сосновых. В наиболее распространенных ельниках-черничниках после рубки и изменения светового режима сильно разрастается травяной покров, что затрудняет появление самосева хвойных пород, хотя все же появляются лиственные породы, а под их пологом — самосев хвойных пород. Характер возобновления площадей после рубки ельников кислично-травяной группы несколько иной — относительно быстрое изменение напочвенного покрова и заселение вырубок вейником затрудняет последующее возобновление и при отсутствии предварительного возобновления преобладают мягколиственные породы.

В ельниках долгомошной группы типов леса после рубки древостоя напочвенный покров, как правило, сохраняется и лишь со временем он постепенно разрастается. Процесс последующего естественного возобновления растягивается, на вырубках появляется береза. Однако, поскольку лесозаготовки здесь возможны в основном зимой, возобновление обеспечивается за счет сохранившегося подроста. Еще более рельефно этот процесс наблюдается в сфагновой группе ельников, где лесозаготовки из-за высокой влажности проводят только зимой; лесовосстановление здесь может быть обеспечено только за счет сохранения подроста, ибо последующее возобновление идет очень медленно и трудно.

А. В. Побединский (1973) отмечал, что при соблюдении элементарных лесоводственных требований на многих вырубках можно обеспечить возобновление хвойных пород естественным путем и в приемлемые для лесного хозяйства сроки. Изучение состояния молодняков, возникших на вырубках естественным путем, и анализ затрат труда на их выращивание дают основание утверждать, что такие молодняки имеют вполне удовлетворительные лесоводственные и экономические показатели, которые следует принимать во внимание при оценке эффективности лесовосстановительных мероприятий. Поэтому ориентировка на естественное возобновление в таежных лесах отвечает как природе лесов, так и экономическим условиям.

Все хвойные леса таежной зоны европейской части СССР А. В. Побединский (1973) предложил разделить на пять основных групп по однородности проводимых мероприятий по обеспечению последующего возобновления.

Боры лишайниковые. Произрастают на песчаных, сухих слабо- и среднеподзолистых почвах. Возобновление леса обеспечивается естественным путем. В юго-восточной части таежной зоны необходимо искусственное возобновление.

Брусничные и вересковые боры. Произрастают на средне- и сильноподзолистых, песчаных и супесчаных почвах. Возобновление леса обеспечивается естественным путем; в ряде случаев требуется минерализация почвы.

Сосняки и ельники-черничники, чернично-брусничные. Леса этой группы и близких к ней типов произрастают на сильноподзолистых почвах и подзолах суглинистого и супесчаного механического состава с признаками оглеения. Наряду с естественным возобновлением в ряде районов целесообразно искусственное лесовосстановление.

Сосняки и ельники-кисличники. Эти и близкие к ним типы леса произрастают на слабо-и среднеподзолистых, относительно богатых суглинистых и супесчаных свежих почвах. На всех лесосеках, где отсутствует подрост, требуется искусственное лесовосстановление, оставлять обсеменители нецелесообразно.

Сосняки и ельники-долгомошники, сфагновые, багульниковые. Произрастают на подзолисто-глеевых, торфянисто-подзолистых почвах суглинистого и глинистого механического состава. Здесь целесообразны искусственное лесовосстановление в сочетании с осушительной мелиорацией или посев и посадка в высокие пласты, подготовленные лесными плугами. В противном случае наряду с сохранением подроста в этих типах леса необходимо оставлять семенные куртины хвойных пород с участием березы, что обеспечит последующее возобновление. За счет обильного и ежегодного плодоношения березы вырубki возобновляются этой породой, что предохраняет площади от заболачивания.

Предприятиями лесного хозяйства было проведено массовое обследование вырубok по единой методике

**14. Естественное возобновление лесосек на вырубках
10-летней давности**

Область, АССР	Всего вырубок, га	Возобновились хорошо и не требуют лесокультурных мероприятий, %			Возобновились удовлетворительно и требуют лесокультурных мероприятий, %	Не возобновились, %
		сосновые	еловые	лиственные		
Северо-Западный район						
Архангельская	1481,5	19,4	28,2	19,2	10,1	23,1
Вологодская	533,6	9,6	48,5	36,2	3,3	2,4
Ленинградская	99,7	15,7	21,9	43,4	11,1	7,9
Мурманская	221,2	50,4	5,5	1,5	19,0	23,6
Новгородская	111,3	4,9	11,0	36,1	7,0	41,0
Псковская	54,8	41,1	21,0	25,9	3,0	9,0
Карельская АССР	808,0	35,4	22,0	5,9	22,0	15,0
Коми АССР	1437,5	39,1	24,4	4,5	21,4	10,6
Центральный район						
Брянская	65,8	15,9	4,6	56,1	8,1	15,3
Владимирская	34,1	20,9	1,5	45,5	12,1	20,0
Ивановская	46,2	17,8	11,2	37,4	14,6	19,0
Калининская	185,4	6,6	15,1	23,2	6,5	48,6
Калужская	8,3	0,4	11,6	63,9	8,8	15,4
Костромская	429,3	16,2	27,5	39,1	9,7	7,5
Московская	12,5	21,1	30,3	11,6	19,0	18,0
Орловская	0,2	—	—	74,9	22,5	2,6
Смоленская	30,0	3,5	20,1	39,4	21,0	16,0
Рязанская	55,4	16,3	1,2	33,3	5,2	44,0
Тульская	3,0	3,9	4,3	74,8	7,0	10,0
Ярославская	13,6	6,2	29,3	20,2	19,1	25,2
Волго-Вятский район						
Горьковская	275,6	27,3	8,8	41,2	11,2	11,5
Кировская	702,3	21,0	36,9	31,6	6,0	4,5
Марийская АССР	42,1	13,5	15,1	50,1	12,1	9,2
Мордовская »	70,0	4,3	0,3	69,1	17,5	8,8
Чувашская »	73,6	3,0	2,1	34,9	17,0	43,0
Удмуртская »		3,7	30,3	22,1	33,0	10,9

(табл. 14), а также Союзгипролесхозом отдельных областей; при том детально изучался ход возобновительного процесса. В 1971 г. предприятиями лесного хозяйства Российской Федерации были обследованы вырубки последнего 10-летия для уточнения лесокультурного фонда и определения характера естественного возобновления по периодам и характер возобновления по зонам. Для это-

**15. Результаты обследований сосновых и еловых вырубок
в таежной зоне**

Подзона	Давность вырубок, лет	Обследо- ванная площадь, тыс. га	Состояние вырубки, %			
			возобнови- лось хорошо		возоб- нови- лось недост- аточно	не во- зобно- вилось
			всего	в том числе хвой- ными		
Северная	1—2	4,2	96,6	88,7	—	3,4
		2,3	92,5	52,6	2,1	5,4
	3—5	6,4	99,6	71,3	3,0	0,4
		2,5	90,3	38,8	1,5	8,2
	6—10	13,1	100,0	86,3	—	—
		3,1	95,5	35,9	—	4,5
	1—2	1,6	67,7	62,3	27,1	5,2
		3,0	100,0	40,5	—	—
Средняя: северная часть	3—5	3,7	87,5	67,9	10,4	2,1
		7,8	80,1	17,8	14,2	5,7
	6—10	7,1	99,6	91,7	0,4	—
		4,0	93,1	22,5	6,9	—
	1—2	0,8	67,3	41,9	32,7	—
		2,1	88,6	65,5	11,4	—
	3—5	2,9	62,0	51,0	34,0	4,0
		5,2	86,1	43,8	10,6	3,3
	6—10	9,7	76,7	45,5	18,9	4,4
		5,9	96,4	49,9	1,0	2,6
Южная часть	1—2	0,4	66,0	65,2	1,3	32,7
		1,8	76,6	31,9	13,4	10,0
	3—5	0,9	83,0	42,5	—	17,0
		1,3	95,0	95,6	5,0	—
	6—10	0,9	91,4	75,9	8,6	—
		1,3	93,5	61,9	—	6,5
Южная	1—2	0,4	66,0	65,2	1,3	32,7
		1,8	76,6	31,9	13,4	10,0
	3—5	0,9	83,0	42,5	—	17,0
		1,3	95,0	95,6	5,0	—
	6—10	0,9	91,4	75,9	8,6	—
		1,3	93,5	61,9	—	6,5
	1—2	0,4	66,0	65,2	1,3	32,7
		1,8	76,6	31,9	13,4	10,0

Примечание. Над чертой — данные по сосновым вырубкам, под чертой — по еловым.

го были подобраны области (представители) по зонам. Обследованиями было охвачено 30 тыс. га сосновых и 40 тыс. га еловых вырубок (табл. 15).

Как видно из табл. 15, сосновые вырубки возобновляются более успешно, особенно материнской породой. Рассмотрим теперь динамику возобновления вырубок в зависимости от срока давности (рис. 9). Анализ приведенных данных показывает, что в первом 5-летии после рубки успешность возобновления вырубок значительно ниже. В Северо-Западном районе в первый год после рубки площадь хорошо возобновившихся вырубок составляла всего 43%, а через 10 лет — уже 84,4% в Волго-Вятском районе — соответственно 55,8 и 90,3%, в Центральном — 37,9 и 83,5%. К 10-летнему периоду практически заканчивается возобновление вырубок. Этот фактор имеет весьма важное значение при оценке возобновления в целом. Однако основной вопрос — это восстановление главными породами. Данные табл. 15 показывают, что на сосновых таежных вырубках 10-летней давности оно составляет 45,5—91,7 и на еловых 22,5—61,9%. Характерно, что возобновляемость лесосек наиболее высокая в северной части таежной зоны и постепенно снижается к югу. Невозобновившиеся вырубки на севере таежной зоны составляют только 0,6%, в северной части средней тайги они увеличиваются, а в южной достигают 4,1%. В южной тайге процесс возобновления вырубок растягивается, в первые 2 года значительно меньший удельный вес занимают возобновившиеся вырубки, а невозобновившиеся 12,5%. В зоне смешанных лесов наблюдается значительное снижение возобновляемости вырубок. Анализ естественного возобновления показывает, что в таежной зоне оно может обеспечить восстановление леса на основной площади вырубаемых лесосек, и только на незначительной площади требуется искусственное лесовосстановление.

Таким образом, рассмотрение вопроса об успешности естественного возобновления сосны и ели под пологом насаждений и на вырубках позволяет сделать следующие выводы.

Наиболее благоприятными для естественного возобновления сосны под пологом леса являются лишайниково-вересковые, брусничные и черничные группы типов леса. Успешное возобновление сосны происходит в подзоне южной (60%) и средней (70%) тайги. В высокопроизво-

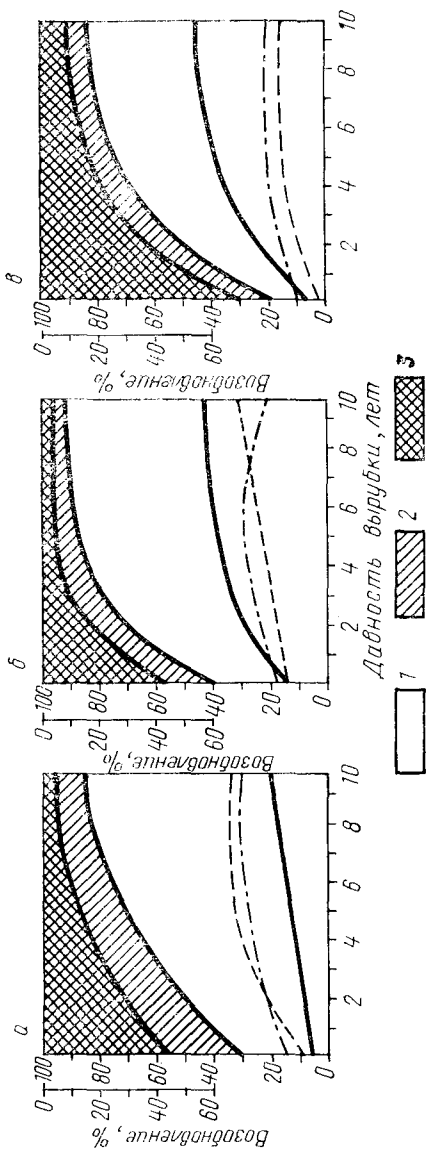


Рис. 9. Спектр и ход возобновления:

а — в Северо-Западном районе; б — в Волго-Вятском; в — в Центральном; — сосна; — лиственные;
1 — возобновление хорошее; 2 — удовлетворительное; 3 — не возобновилось

дительных группах типов леса возобновление в значительной степени представлено также елью. В сосняках-кисличных подзоны средней тайги еловый подрост преобладает на 65% площади, в черничных на 40 и в брусничных на 20—23% площади насаждений; в подзоне южной тайги этот показатель соответственно равен 76, 39 и 23%. Благоприятными для естественного возобновления ели являются брусничные и черничные типы леса. В таежной зоне успешнее возобновление ели происходит в подзоне средней (80—90%) и южной (60—70%) тайги. Благонадежный еловый подрост в значительных количествах имеется также под пологом лиственных насаждений и лиственно-хвойных. В подзоне средней тайги насчитывается 3 тыс. шт/га подроста в среднем на 60% площади березняков и 66% осинников. В подзоне южной тайги этот показатель соответственно равен 75 и 84%.

В обследованных насаждениях всех типов леса преобладает подрост высотой до 0,5 м: в южной тайге он составляет 63—73 и в средней 47—54%. Подрост высотой 0,6—1,5 м в южной тайге составляет 18—24 и в средней 36—44%. Крупный подрост высотой более 1,5 м, во всех подзонах не превышает 10% общего количества.

Уменьшение полноты насаждений приводит к увеличению не только общего количества, но и размеров подроста.

В тесной связи с предварительным возобновлением находится также и последующее возобновление вырубок. В средней тайге наиболее успешно возобновляются сосной вересковые вырубки, а в южной — лишайниковые и вереско-лишайниковые.

В брусничных и вересковых типах сосновых лесов восстановление идет как за счет предварительного, так и за счет последующего возобновления. В бруснично-черничных типах леса восстановление вырубок происходит со значительной примесью ели, березы и осины. В возобновлении черничников большая роль принадлежит подросту сосны предварительного возобновления, при отсутствии которого может произойти смена хвойных пород лиственными.

Результаты массовых обследований показали, что в таежной зоне возобновились хорошо и не требуют лесокультурных мероприятий 52—94,3% вырубок, удовлетво-

рительно возобновились, но требуют лесокультурных мероприятий 3—22% вырубок, невозобновившиеся за 10-летний период вырубки, где крайне необходимо искусственное лесовосстановление, составляют 2,4—41%.

В зоне смешанных лесов возобновление вырубок главными породами идет значительно хуже, с резко выраженной сменой хвойных пород мягколиственными. В этих районах, где лесное хозяйство достигло более высокого уровня интенсификации, не всегда целесообразно допускать естественное возобновление в силу растягивания сроков. Здесь хозяйственная необходимость диктует переход на искусственное лесовосстановление, и оно должно стать основным методом, хотя на некоторых участках и может быть обеспечено естественное возобновление.

В лесостепной зоне, где значительный удельный вес занимают мягколиственные насаждения, характеризующиеся отсутствием подроста, а также дубовые древостои, в которых естественное возобновление дуба происходит лишь в редкие урожайные годы, с учетом интенсивности ведения лесного хозяйства примерно 15% вырубаемых площадей следует отводить под естественное возобновление главными породами, а остальную площадь — культивировать искусственным путем.

Глава V

СОДЕЙСТВИЕ ЕСТЕСТВЕННОМУ ВОЗОБНОВЛЕНИЮ И СОХРАНЕНИЕ ПОДРОСТА

В настоящее время естественное возобновление и создание лесных культур характерны для стран умеренного климата, создание лесных плантаций больше выражено в странах с мягким климатом (в субтропических и тропических), хотя в отдельных странах можно встретить все формы. Однако все большее внимание уделяется естественному возобновлению, даже там, где традиционно преобладали методы искусственного лесовосстановления. Считается, что в ходе естественного возобновления создаются наиболее устойчивые и продуктивные леса. При этом речь идет о целенаправленных мерах, о применении определенных способов рубок и других мероприятий, спо

собствующих естественному возобновлению. В связи с этим применяют постепенные, выборочные, каймовые, котловинные и другие способы рубок, которые могут обеспечить естественное возобновление.

Возникновению и развитию этой тенденции в определенной мере способствовали ветровалы и буреломы, имевшие место в большей мере в чистых искусственных насаждениях, и данные о большей устойчивости смешанных насаждений. Возрастание потребности в еловой древесине привело к созданию монокультур ели, которые к возрасту спелости начали подвергаться нападению вредителей и болезней и страдать от ветровалов и буреломов. В 1967 г. в странах Западной Европы, в основном в горных лесах, было потеряно 37,5 млн. м³ древесины из-за ветровалов, что привело к падению цен и нарушению традиционных связей потребителей. Появившиеся высказывания некоторых ученых о большей устойчивости смешанных естественных насаждений и потенциальной способности их улучшать почву и обеспечивать повышение продуктивности, можно считать, и определило это направление. В лесную терминологию введено понятие — ввод недостающей древесной породы: при естественном возобновлении ставят задачу получить смешанное насаждение, т. е. в случае чисто хвойного возобновления вводят недостающие древесные породы — лиственные, в случае чисто лиственного возобновления вводят хвойные (буково-пихтовые насаждения).

В Скандинавских странах довольно широко практикуется оставление семенников. В Швеции и Финляндии семенники оставляют, как правило, в количестве 30—50 шт/га, а иногда до 100 шт/га. Обычно оставляют лучшие деревья, хотя в Швеции рекомендуется оставлять деревья, средний диаметр которых на 15—20% меньше максимальных диаметров в древостое, так как они дают наибольшее количество семян; семенники безболезненно можно убрать позднее, а самосев бывает настолько обильным, что даже частичное повреждение в последующем не оказывает заметного влияния на успех возобновления. При таком количестве оставленных семенников площади почти такие же, как в предпоследней стадии постепенных семено-лесосечных рубок. В сосняках-беломошниках семенники удаляют сразу после массового появления самосева, что обеспечивает более быстрый рост и развитие самосева.

В равнинных лесах США, где произрастает сосна болотная, оставляют небольшое количество семенников — от 16 до 40 шт/га. В Швеции довольно широко применяют минерализацию поверхности почвы площадками. Площадки готовят механизированным способом специальным агрегатом с рабочими органами ротационного

типа, который оборачивает пласт и одновременно рыхлит дно площадки размером 0,25 м². На 1 га готовят 2—2,5 тыс. площадок, что составляет 12—15% общей поверхности почвы.

Для сосняков-зеленомошников с мощным слоем грубого гумуса предложен огневой способ обработки почвы на сплошных вырубках, при котором контролируемый отжиг порубочных остатков и напочвенного покрова производится весной методом пуска огня против ветра. В этом случае принимают меры по предохранению семенников: вокруг них удаляют подстилку, а у основания делают отсыпку из почвы. Выжигание грубого гумуса и напочвенного покрова приводит к появлению обильного самосева. Улучшение условий и ускорение роста самосева обеспечивается повторным, а иногда даже 3-кратным отжигом напочвенного покрова в сформировавшихся молодняках, проводимым с большой осторожностью специальными огнеметами.

К использованию огневых методов для возобновления главных пород прибегают в эвкалиптовых лесах Австралии, в тропических лесах Индии и Африки для содействия возобновлению эвкалиптов, тукового дерева и других древесных пород. Этот метод считается перспективным, так как более или менее соответствует биология самосева этих пород. В США отжиг применяют в основном перед опадением семян; в хвойных лесах Запада где преобладают сосны белая и пихта Дугласова, на сплошных вырубках остается очень много порубочных остатков и в связи с большой пожарной опасностью семенники на участках, где проводят отжиг, не оставляют, а расчет делается на обсеменение от стен леса. В равнинных лесах с преобладанием сосны болотной, где оставляют семенники, густота самосева на участках с отжигом, как правило, в несколько раз выше. При выжигании под семенной год количество самосева достигает 80—100 тыс. шт/га. Как средство уменьшения пожарной опасности применяют также и повторные отжиги, но при высоте самосева более 1 м, когда он становится огнестойким. В сосново-дубовых лесах юго-востока США применяют аналогичные методы. Семенники предохраняют так же, как в Скандинавских странах: перед выжиганием порубочные остатки отгребают от них на 2—2,5 м. В насаждениях, отводимых в рубку, за 3—4 года до ее проведения выжигают напочвенный покров и подрост дуба с помощью огнеметов, что обеспечивает появление самосева сосны и преобладание ее в молодняках. Огневые методы содействия естественному возобновлению обеспечиваются наличием различных типов портативных и монтируемых на тракторы огнеметов и огнетушителей, специальных лесных дисковых и лемешно-дисковых орудий для создания противопожарных минерализованных полос.

Применение огня в целях содействия естественному возобновлению оправдывается лесоводственной и экономической эффективностью этого метода. При контролируемых палах подготавливается благоприятный субстрат для получения самосева, сжигаются порубочные остатки и валеж, чем достигается снижение пожарной опасности, уничтожается травянистая, кустарниковая и древесная растительность и создаются более благоприятные условия для роста и развития главной породы, т. е. предотвращаются смена пород и преобразование состава насаждений. Однако положительное воздействие этого способа сказывается лишь при средней интенсивности огня (нужная степень прогорания напочвенного покрова приводит

к увеличению естественного возобновления в 5—8 раз), сильный огонь приводит к так называемому «остеклению» почвы, когда возобновление не появляется, а слабый — к бурному развитию травянистой растительности, препятствующей возобновлению. В ряде стран от этого метода отказываются в связи с опасностью применения его в пожарном отношении, при оставлении значительного количества семенников, а также из-за его трудоемкости и дороговизны. Содействие естественному возобновлению путем сдираания верхнего напочвенного покрова и рыхления почвы дает хорошие результаты и этот метод находит все более широкое применение. Для проведения такого рода работ применяют различные орудия. В Канаде широкое применение находят так называемые скарификаторы — отрезки нефтепроводных труб с наваренными на них по спирали шипам в виде акульих плавников, заканчивающиеся якорными цепями, к звеньям которых с разных сторон приварены стальные штыри; протаскивание их тракторами обеспечивает сдираание напочвенного покрова и рыхления почвы. Созданы для этих целей и орудия с активными рабочими органами: специальные лесные фрезы; скарификатор в виде двойной углообразной рамы с вращающимся в вертикальном положении колесом, к которому прикреплены концы троса, отбрасывающие в стороны порубочные остатки и рыхлящие почву; якорные покровосдиратели и различные рыхлители. Эта мера дает хорошие результаты, если обеспечиваются сдираание покрова и рыхление почвы не менее чем на 25% площади.

Большое внимание уделяется сохранению подроста, так как это позволяет значительно сократить оборот рубки. Такое стремление особенно заметно в высокопродуктивных и не требующих замены лесах естественного происхождения. В Финляндии приняты рекомендации: при наличии подроста 2—2,5 тыс. шт/га с равномерным размещением, особенно в соответствующих условиях произрастания, лесные культуры не назначают. Сохранение подроста при лесозаготовках способствует сокращению срока выращивания спелого леса на 15—20 лет и уменьшению затрат труда и средств на производство лесных культур, предотвращает нежелательную смену хвойных пород мягколиственными. Важнейшим условием, определяющим целесообразность сохранения подроста при разработке лесосек, является его выживаемость и эффективное участие при формировании нового древостоя.

Анализ результатов проведенных исследований показывает, что освещенность, плотность заселения почвы растительностью, различная полнота материнского полога и другие факторы приводят к формированию подроста различного качества. Хорошо сформировавшийся жизнеспособный подрост легко переносит изменившиеся условия. Большей частью погибают угнетенные экземпляры, которые длительное время находились под пологом высоко-

сомкнутых насаждений. При формировании насаждений самый перспективный подрост высотой 0,9—1,1 м. Он не уступает в темпах роста лиственным породам и выходит в первый ярус молодняков. Приспособившийся к новым условиям, оправившийся подрост заметно начинает наращивать прирост и через некоторое время, компенсируя отставание в росте, бывшее у него до рубки материнского древостоя, достигает размеров, соответствующих его действительному возрасту при нормальном росте.

Очистка мест рубок и минерализация почвы как мера содействия естественному возобновлению. Очистка мест рубок — один из старейших лесохозяйственных приемов. Наиболее распространенным способом очистки мест рубок было применение огня, что способствовало естественному возобновлению. Примером этого может служить появление самосева и особенно сосны после лесных пожаров. На благоприятные условия для естественного возобновления сосны и ели на гарях при более или менее полном выгорании грубогумусной подстилки в зоне действия сохранившихся обсеменителей указывали многие ученые (Ткаченко, 1911; Тюрин, 1926; Молчанов, 1957; Мелехов, 1954; Шиманюк, 1955; Молчанов и Преображенский, 1957 и др.). Однако длительное действие сильного огня приводит к резкому уплотнению почвы, так называемому «остеклению». В этой связи нельзя допускать при очистке концентрации порубочных остатков в одном месте, их следует раскладывать небольшими кучами в разных местах.

Разработка основных методов огневого воздействия как меры содействия естественному возобновлению леса была начата у нас в 20—30-х годах и уже тогда определились некоторые направления. По данным А. В. Тюрина (1926), был выведен коэффициент полезного действия минерализации почвы различными способами. Так, если неподготовленную почву принять за 1, то проборонованная оценивается 1,9, промотыженная — 2,9 и обожженная — 4,7. Тогда же были даны и основные придержки по степени воздействия огня. Слабый огонь уничтожает только надземную часть злаковой растительности, затрагивает узлы кущения и в результате способствует ее дружному появлению и пышному развитию, что оказывает вредное влияние на естественное возобновление. Средняя сила огня обеспечивает хорошее возобновление.

Однако применение сплошных палов на концентрированных вырубках Севера давало часто отрицательные результаты, вследствие чего этот метод был предан забвению.

В современных условиях постановка стационарных лесопирологических экспериментов с целью разработки методов лесовосстановительного отжига и определения оптимальной степени влияния огня в различных природных зонах и типах леса представляет большой теоретический и практический интерес для лесного хозяйства. Управляемые палы лучше готовят условия для появления всходов и роста самосева и уничтожают толстый слой подстилки и мхов. Отдельные материалы, которые имеются по этому вопросу, хотя глубоко и не раскрывают его, но показывают общую картину. А. А. Звонкова (1971), изучив вопрос о степени подготовленности напочвенного субстрата невозобновившихся вырубок к прорастанию попавших в него семян в зависимости от огневого воздействия, приходит к выводу, что всхожесть семян сосны и ели выше на рубках с сильным и средним прогоранием подстилки; в силу неравномерности прогорания образуется мозаичное распределение субстратов, которое и приводит к разному количеству появления всходов. В необработанную почву высевали семена сосны и ели без заделки по 100 шт. в площадки размером 1×1 м. Результаты этого опыта показали, что на тонкой прогоревшей подстилке появляется больше всходов, чем на минеральном грунте. Приживаемость всходов и развитие сеянцев в течение первого года также лучше на рубках с сильной и средней степенью прогораемости подстилки. На тесную связь возобновляемости хвойных пород с относительной площадью огневой минерализации и степенью выгорания грубогумусной подстилки, которая возрастает с 5—10% в сосняках и ельниках-долгомошниках до 100% в борах лишайниково-вересковых, указывали А. А. Молчанов и И. Ф. Преображенский (1957). По результатам анализа учета густоты самосева сосны, ели и лиственницы на пройденных палом рубках и на гарях получены следующие данные: возобновляемость сосны и ели на обожженной почве в сосновых лесах возрастает по мере перехода от влажных к свежим и суховатым лесорастительным условиям; в сосняках

лишайниково-вересковых самосев сосны в 2 раза гуще, чем в брусничных; аналогичная картина прослеживается и в изменении возобновляемости на гарях в еловых лесах. На необходимость подготовки почвы в целях содействия естественному возобновлению указывали Н. В. Шелгунов (1856), Н. С. Шафранов (1875) и др.

Содействие естественному возобновлению путем частичной минерализации почвы широко проводилось в нашей стране. Во многих районах лесной зоны длительное время этот способ был преобладающим. Однако, по мнению многих специалистов, содействие естественному возобновлению путем частичной минерализации поверхности почвы оказалось малоэффективным (Молчанов, 1957; Синькевич, 1956; Декатов, 1961; Кищенко, 1966 и др.).

Многолетние наблюдения и анализ материалов широких производственных обследований эффективности мер содействия естественному возобновлению показывают, что основными факторами, снижающими эффективность этого метода, являются прежде всего незначительная степень, несвоевременность и низкое качество минерализации поверхности почвы. Для подготовки различных типов лесовозобновительного субстрата требуются специальные почвообрабатывающие орудия, применение других машин и орудий приводит к нерациональным методам обработки почвы. Как правило, почву минерализуют без учета источников обсеменения и факторов урожайности. В последние годы для частичной минерализации почвы применяют якорные покровосдиратели на тяге трактора ТДТ-40, плуги ПКЛ-70 и ПЛП-135, корчеватели-собиратели, бульдозеры; производственники используют и свои примитивные орудия в виде «рельсовых борон» и рыхлителей, находят применение также орудия с дисковыми рабочими органами. Необходимо отметить, что общим недостатком является низкий коэффициент минерализации. Применение названных машин и орудий хотя и позволяет готовить почву, но при производственных проверках вскрывается, что ее минерализация колеблется в пределах от 2 до 25%. Влияние минерализации можно проследить по материалам о возобновлении сосны и ели на участках с поранением почвы и на подстилке, не затронутой обработкой (табл. 16). На вырубках с неми-

нерализованной почвой очень быстро разрастается покров из злаковых трав, который резко ухудшает условия для возобновления; на минерализованной почве самосева больше в 5—10 раз.

16. Возобновление сосны и ели на сплошных вырубках в зависимости от субстрата

Тип леса	Давность руб- ки, лет	Распреде- ление пло- щади, %		Порода	Количество самосева, тыс. шт/га на почве	
		неминера- лизован- ной с под- стилкой	минерали- зованной		неминера- лизован- ной с под- стилкой	минерали- зованной
Сосняк-брусничник	4	75	25	С	6,5	50,0
То же	8	68	32	С	2,7	20,0
»	10	96	4	С	3,9	40,0
Сосняк-черничник	8	75	25	С	1,6	6,5
То же	9	92	8	С,Е	1,2	18,0
Сосняк-долгомошник	7	100	—	Е	0,9	1,3
То же	12	100	—	С	8,0	—
»	3	100	—	С	9,5	—
Ельник-черничник	5	95	5	С	13,1	—
				Е	8,2	43,5

Роль внутрилесосечных обсеменителей и стен леса в возобновлении сплошных вырубок. В числе мер, способствующих естественному возобновлению леса, большую роль играет оставление источников семян на вырубаемых площадях. Семенники рекомендуется размещать различными способами в зависимости от породы и лесорастительных условий: равномерно по площади, куртинами, группами, кулисами. Убирать их следует сразу же после того, как произойдет обсеменение вырубок; более поздняя уборка приводит к ухудшению роста самосева и, кроме того, связана с повреждением подроста. Лучшее время уборки — зима, когда снежный покров предохраняет молодой подрост от повреждений.

Высокая эффективность семенников особенно проявляется в урожайные годы. В связи с этим важно знать закономерности плодоношения древесных пород. За 21 год стационарных наблюдений в Архангельской области (Алексеев, Молчанов, 1938, 1954) обильное плодоноше-

ние сосны наблюдалось только в 1934, 1936 и 1940 гг. — 2,4—4,9 кг семян с 1 га; повышенное в 1914, 1926, 1929, 1935 и 1938 гг. Урожайность семян ели была несколько выше, обильное плодоношение за 1937—1947 гг. наблюдалось 5 раз — 2,1—4,2 кг семян с 1 га. В семенной год ель может дать лишь 7 кг семян с 1 га, причем чем лучшие условия местопроизрастания, тем обильнее плодоношение.

У сосны обыкновенной урожайные годы по мере продвижения с запада на восток повторяются чаще: в европейской части СССР — через 4—5 лет, в Сибири — через 3—4, на Алтае и в Забайкалье — через 2—3 года (Каппер, 1954). Низкополнотные насаждения обычно плодоносят гораздо лучше, чем высокополнотные. Урожайность также связана с типами леса, возрастом древостоев, процессом роста деревьев и т. д. По данным В. П. Тимофеева (1943), в плодоношении древостоев участвуют 70% деревьев, причем около 88% семян дают деревья I и II классов роста; по данным Д. Я. Гиргидова (1953), деревья I и II классов роста давали 85% урожая семян в Ленинградской области. В придвинских лесхозах Архангельской области за 1953—1965 гг. хорошее семеношение сосны (4 балла) было только 2 раза; обильное плодоношение ели (5 баллов) — 1 раз, среднее (3 балла) — 3 раза, а в остальные годы было ниже среднего (Пастухова, 1967). П. Н. Львов (1971) составил усредненную характеристику семеношения ели по подзонам таежной зоны (табл. 17).

17. Количество и качество семян в еловых древостоях

Подзона тайги	Урожайность семян, кг/га	Масса 1000 шт. семян, г	Всхожесть семян, %
Притундровая (редко- лесье)	0,01—0,02	0,5	1
Северная	0,08—1,20	1,1—2,8	26
Средняя	1,20—4,20	2,6—4,8	75
Южная	2,40—5,50	2,4—4,8	85

Таким образом, семенная продуктивность насаждений позволяет обеспечить возобновление вырубок, и задача заключается в том, чтобы оставить достаточное количество источников семян.

Обсеменительная роль и возобновительная эффективность семенников в лесовосстановлении на вырубках зависит от их количества, размещения, возраста, размера физиологического состояния деревьев и др.

В табл. 18 приведена количественная оценка эффективности обсеменителей; использованы материалы обследования и данные стационарных наблюдений за дальностью разлета семян сосны и ели, при этом учтены повреждение ржавчинными грибами и расхищение фауной 80% семян ели и 20% семян сосны.

18. Среднее количество семян сосны, продуцируемое за год семенными деревьями

Сосняки	Давность выруб-ки, лет	Количество семенников на 1 га, шт.	Средний диаметр деревь-ев, см	Количество семян, тыс. шт.		Количество самосева от семенников, тыс. шт/га
				на всех се-менниках	на одном дереве	
Лишайнико-во-брусничные	9	4	32	5,0	1,3	1,5
Лишайнико-во-вересковые	9	28	36	45,0	1,6	5,1
Брусничные	9	30	48	64,0	2,1	6,6
»	10	20	28	24,0	1,2	2,6
Черничные	14	11	36	22,0	1,6	3,2
Брусничные	8	10	30	26,0	2,6	2,7
»	5	16	24	19,0	1,2	—
Брусничные	13	8	22	8,0	1,0	—
Черничные	9	4	36	10,4	2,6	—
»	8	16	30	44,8	2,8	—

Как видно из данных табл. 18, урожайность семенников варьирует в пределах 1—2,8 тыс. шт. семян на 1 га. Это можно объяснить различным размером и физиологическим состоянием семенных деревьев. Деревья I класса роста диаметром 28 см и более, как правило, плодоносят лучше, чем менее развитые. Через 3—4 года после разреживания семенники плодоносят обильнее, чем в первые годы. На сплошных вырубках отдельные деревья в первые годы плодоносят так же, как и аналогичные деревья в нетронутых рубкой древостоях. Это объясняется тем, что шишки у сосны закладываются за 2 года до созревания семян, т. е. до рубки окружающего древостоя; в

последующие годы сначала наблюдается ухудшение плодоношения, а затем оно заметно улучшается. Таким образом, среднегодовое количество семян сосны, продуцируемых одним деревом, в среднем составляет 2—2,5 тыс. шт., что и необходимо брать в расчет при определении количества семенников, необходимых для эффективного обсеменения вырубок.

Источником семян ели на рубках, как правило, являются стены леса. Многолетний опыт ведения сплошных рубок показывал, что стены леса могут обеспечить налет семян, достаточный для успешного возобновления. Роль стен леса как обсеменителей особенно повышается при узколесосечных сплошных рубках. Установлено, что самосев сосны при вырубках на пашни появляется на расстоянии 60—70 м от стен леса; максимальная ширина зоны эффективного обсеменения почвы от стен леса 50—60 м. Аналогичная закономерность эффективности стен леса прослеживается на гарях и рубках. Это показывает, что при сплошной обработке почвы огнем на рубках или минерализации можно ожидать вполне достаточного последующего возобновления на расстоянии 80—100 м от стен леса.

Сохранение подроста и его значение для лесовосстановления. Длительное время сохранению подроста уделялось должное внимание лишь при постепенных и выборочных рубках. Однако в связи с неудовлетворительным последующим естественным возобновлением рубок начал заметно проявляться интерес к сохранению подроста и при сплошных рубках. Необходимость сохранения подроста на лесосеке определяется не только непосредственным использованием его для дальнейшего роста и формирования древостоя, но и как средства к обеспечению успешного последующего естественного возобновления. Подрост задерживает движение ветра и излишнее испарение влаги почвой, притеняет почву и защищает от уплотнения и сильного промерзания, способствует равномерному отложению снежного покрова и медленному таянию снега, задерживает рост трав и служит защитой для пород, чувствительных к заморозкам.

Еще сравнительно недавно при широком внедрении комплексной механизации на лесозаготовках сохранение подроста не только не предусматривалось, но требо-

валась его вырубка. В 30-х годах стали изучать возможность возобновления вырубок при концентрированных рубках (Декатов, 1936). Однако в основном это касалось объектов без механизированной трелевки. Специальные экспедиции ЦНИИЛХ по обследованию возобновления в Карельской АССР (1932—1933), Коми АССР (1934) и Северная экспедиция (1930) также не охватили изучением возобновление при механизированной трелевке. В настоящее время разработан ряд технологических схем лесосечных работ, предусматривающих сохранение 65—75% подроста, поскольку эта мера является одной из наиболее эффективных для содействия естественному возобновлению. Сохранение подроста при лесозаготовках способствует сокращению срока выращивания спелого леса на 15—20 лет и уменьшению затрат труда и средств на создание лесных культур, а также предотвращает нежелательную смену хвойных пород лиственными.

Способы сохранения подроста в различных условиях и типах леса изучались многими учеными и производственниками как при сплошных, так и при постепенных рубках (Львов, Панов, 1962; Побединский, 1970, 1973; Максимов, 1971; Прокопьев, 1964; Дерябин, 1963, 1970; Атрохин, 1967 и др.).

В 1965—1966 гг. работники Костромской ЛОС изучали сохранность подроста в Костромской и Ярославской областях на опытно-производственных участках в наиболее распространенных типах леса — сльниках-черничниках и кисличниках. В этих насаждениях высотой 0,5—0,7 насчитывалось 65—67% подроста высотой до 0,5 м. Лесосеки разрабатывали по технологии, предложенной костромскими лесозаготовителями, суть которой

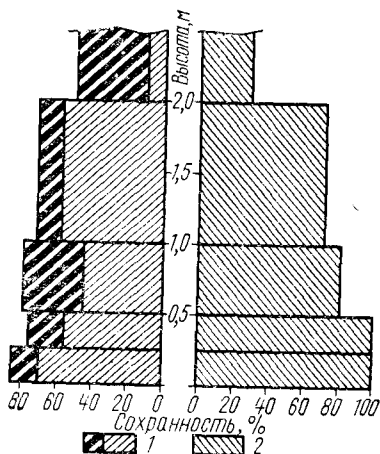


Рис. 10. Сохранность подроста при разработке лесосек:
1 — в летний период; 2 — в зимний

заклучалась в веерной валке деревьев на подкладочное дерево с последующей трелевкой за комель (рис. 10). Как видно из рис. 10, при проведении лесосечных работ по этой технологии сохраняется больше мелкого подроста, особенно в зимний период; в это время лучше условия и для сохранения подроста высотой 1—1,5 м. Если при высоте 0,6—1 м при формировании воя подрост в значительной мере уничтожается и повреждается, так как подкладочное дерево создает лишь 30—50 см зоны безопасности для него, то при высоте 1—1,5 м более развитая корневая система способствует лучшему его сохранению. Однако сохранившийся крупный подрост в большей своей массе повреждается при валке и трелевке, а это снижает лесоводственное значение технологии.

В результате проведенных исследований было установлено, что применение описанной технологии наиболее целесообразно в высокопроизводительных еловых насаждениях I—II классов бонитета полнотой 0,5 и выше, где средний объем хлыста 0,7 м³ и более; в насаждениях III класса бонитета целесообразно использование трелевочного трактора ТДТ-40, но не ТДТ-60. В насаждениях более низких бонитетов, где запас не превышает 140—150 м³, применение подкладочных деревьев нецелесообразно. Сравнение сохранности подроста в случаях применения технологии костромских лесозаготовителей и обычной показывает, что во втором случае сохраняется только около 25% жизнеспособного подроста.

Сохранность подроста в большой степени зависит от ширины пазек. В случае трелевки деревьев за вершину с кроной при ширине пазек, равной высоте древостоя, в межволочном пространстве сохраняется 80—96% подроста, при ширине пазеки, равной полуторной высоте древостоя, — 77—80%, а при ширине пазеки, равной двойной высоте древостоя, — 70—74%. Все это говорит о том, что наиболее приемлемой технологией лесосечных работ для сохранения подроста является метод узких лент. Эта технология обеспечивает сохранение на лесосеке максимального количества неповрежденного подроста почти всех размеров независимо от сезона работ.

Сохранность подроста и возобновление ели на вырубках изучались на площадях, разработанных костромским методом, где строго выдерживались все требования. Результаты этих работ позволили выделить три зоны: *а* — волокни, занимающие 12—18% площади вырубки, где подрост и подлесок уничтожаются полностью; *б* — 10-метровые прилегающие к волокнам полосы, составляющие 30—42% площади вырубки, где подлесок, средний и крупный подрост частично уничтожаются, частично сильно повреждаются, а мелкий подрост сохраняется удовлетворительно; *в* — средние части межволочных пространств, занимающие 44—58% общей площади, где подрост и подлесок сохраняются хорошо.

В межволочных полосах в среднем оставалось 40—60% подроста, причем в основном высотой до 0,5 м в возрасте до 10 лет. Эффективность этого подроста в формировании будущих древостоев вызывает сомнение, так как в первые годы на вырубке его будет заглушать злаковая растительность, а в дальнейшем — мягколиственные породы.

В Удмуртской АССР сохранность подроста при разработке лесосек методом узких лент изучалась Татарской ЛОС. Результаты показали сохранность около 75% жизнеспособного подроста в каждой высотной группе, в чем и заключается одно из преимуществ метода узких лент. Исследования, проведенные в хвойных насаждениях в Плещееком, Пименьском, Северном и Коношском леспромхозах Архангельской области, также подтвердили преимущества метода узких лент: сохранность подроста в каждой высотной группе составляет 60—70%; при обычной технологии сохраняется не более 15% подроста.

В леспромхозах Коми АССР в еловых насаждениях наиболее

19. Сохранность подроста на лесосеках, разработанных по методу узких лент в Польшенском лесничестве Кирилловского лесхоза

Этап учета подроста	Количество жизнеспособного хвойного подроста на 1 га высотой, м					
	< 0,5		0,5—1,5		≥ 1,5	
	шт.	%	шт.	%	шт.	%

Ельшники-черничники

До рубки	2180	100	1490	100	260	100
Через год после рубки	1440	66	1030	69	200	77

Ельники травяно-сфагновые

До рубки	2470	100	2360	100	740	100
Через год после рубки	1640	66	1620	69	590	80

Сосняки сфагновые

До рубки	830	100	890	100	400	100
Через год после рубки	570	69	650	73	310	78

распространенных типов леса проведена сравнительная проверка сохранности подроста в бригадах, работающих по методу узких лент и по обычной технологии: в первом случае сохранялось 58—79%, во втором (при беспестемной валке и трелевке деревьев с кронами комлем вперед) — всего 17,5%.

В Вологодской области в 1969 г. Союзгипролесхозом через 1—2 года после рубки обследованы лесосеки, разработанные по методу узких лент (табл. 19).

В Крестенком леспромхозе Новгородской области ЦНИИМЭ совместно с ВНИИЛМ провел сравнительную производственную проверку различных технологических схем лесосечных работ, где наряду с основными экономическими показателями изучалась лесоводственная эффективность. Эксперимент был проведен в сопоставимых условиях, причем по каждой схеме работала отдельная малая комплексная бригада. Сравнивали пять схем, из которых четы-

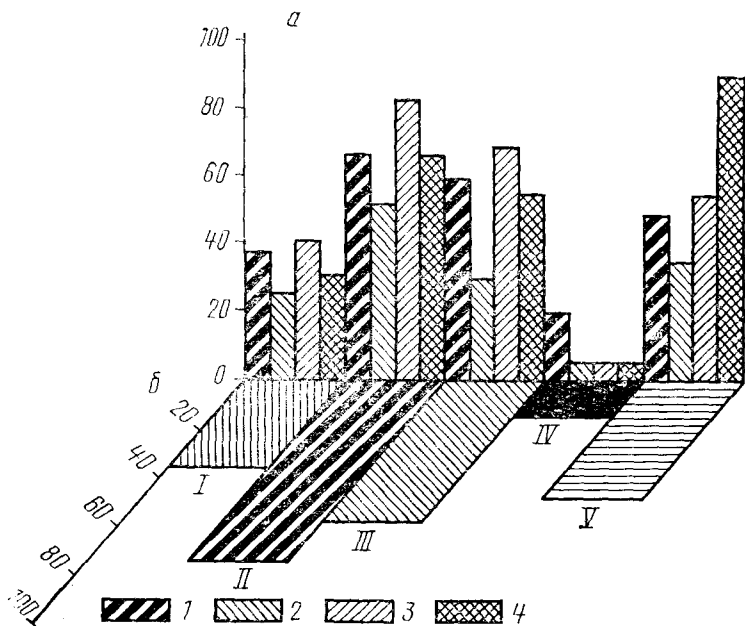


Рис. 11. Сохранность подроста, %:

а — по группам высот; б — по технологическим схемам; I — костромской; II — узколесосечной; III — карельской; IV — обычной; V — тагильской; 1—4 — высота подроста соответственно < 0,5; 0,5—1; 1—2 и 2 м

ре с сохранением подроста — костромская, узколесосечная (удмуртская), тагильская и карельская; в качестве контрольной была принята технологическая схема — лесозаготовительные работы при организованной лесосеке, трелевка хлыстов за комель (рис. 11). Приведенные данные показывают, что по сравнению с обычной техно-

логией все другие схемы лесосечных работ с сохранением подроста дают неплохие результаты, но при узколесосечной достигается наибольшая эффективность.

Важнейшими условиями, определяющими целесообразность сохранения подроста при разработке лесосек, являются его выживаемость и эффективное участие при формировании нового древостоя. Выживаемость подроста прямо связана с его качеством, которое определяется рядом факторов: освещенностью, плотностью заселения почвы растительностью, полнотой материнского полога, жизнеспособностью к моменту рубки материнского древостоя. Хорошо сформировавшийся жизнеспособный подрост легко переносит изменившиеся условия. Большей частью погибают угнетенные экземпляры подроста, которые длительное время находились под пологом высокосомкнутых насаждений. Здесь решающую роль играет его освещенность (см. форзац).

По данным В. Е. Максимова (1971), освещенность групп неблагонадежного подроста ели, произрастающего в среднеполнотных насаждениях, составляет в среднем 4—8% освещенности открытого места. В таких условиях у подроста слабо развита хвоя (теневого типа), приспособленная к ассимиляции при недостатке света, и недостаточно развита корневая система. Благонадежный подрост формируется в лучших условиях — в просветах между кронами взрослых деревьев, где освещенность составляет в среднем 8—20%, и характеризуется световой хвоей и хорошо развитой корневой системой. С удалением материнского полога резко меняются условия на вырубке: увеличивается освещенность неблагонадежного подроста в 12—15 и благонадежного в 5—12 раз, уменьшается относительная влажность воздуха на 5—7%, усиливается скорость ветра и возрастает среднесуточная температура воздуха на 0,5—2°C. Влажность корнеобитаемого слоя почвы на вырубках повышается на 40—90%, и подрост от недостатка влаги не страдает. В то же время верхние слои субстрата органического происхождения пересыхают в жаркий период, в результате чего мелкий подрост ели погибает от недостатка влаги. Большая же часть подроста ели через 3—5 лет после рубки восстанавливает соотношение между массами хвои и подземной части, бывшее до рубки. Причем, чем моложе подрост и выше его жизнеспособ-

ность, тем быстрее восстанавливается ассимиляционный аппарат.

Ежегодный учет подроста, проводившийся Костромской ЛОС на стационарных пробных площадках, показал, что отпад елового подроста определяется резким изменением микроклимата (освещенности, температурного и ветрового режимов, влажности почвы и др.), механическими повреждениями (в результате валки, трелевки и очистки лесосек) и от вредных насекомых и болезней. Наиболее интенсивный отпад происходит в первые 2 года. В среднем отпад елового подроста высотой до 0,5 м составляет 33—40%; 0,5—1,5 м — 8—20% и более 1,5 м — 15—30%. Отпад подроста зависит также от возраста и расположения по площади. Лучшую выживаемость на вырубках имеет подрост ели высотой 0,5—1,5 м, а также групповой и куртинный подрост высотой более 1,5 м, укоренившийся до минеральных слоев почвы. Анализ хода естественного возобновления на вырубках и выживаемости подроста показал, что наиболее перспективным для формирования насаждений является подрост высотой 0,9—1,1 м, у которого наибольший текущий прирост по высоте: он не уступает в темпах роста лиственным породам и выходит в первый ярус молодняков. Крупный подрост также почти полностью выходит в первый ярус. Подрост ели высотой до 0,5 м, как правило, составляет второй ярус, для увеличения доли хвойных в составе молодняков и создания благоприятных условий для их роста и развития требуется уход за самосевом и подростом.

Аналогичные результаты были получены Поволжским ЛТИ им. Горького при исследовании выживаемости подроста в Пижемском лесхозе Горьковской области. Наибольший отпад отмечен в первый год после рубки, когда хвойный подрост оказывается в новых для него микроклиматических условиях. Общий отпад подроста на вырубках за 3 года в среднем составил 26,4% оставленного лесозаготовителями после разработки лесосек: за первый год 13,1, за второй 9,9 и за третий 3,4%. Через 2 года после рубки отпад практически заканчивается. Выживаемость группового подроста несколько выше, чем одиночного. Одиночный крупный подрост и тонкомер нецелесообразно оставлять на вырубке. Хвойный подрост высотой 1 м и более, как правило, успешно

конкурирует с мягколиственными породами и участвует в формировании основного полога будущего древостоя. Подрост высотой до 0,5 м в год рубки обычно остается во втором ярусе, для выхода его в первый ярус требуются рубки ухода. Высокая выживаемость подроста отмечена в Сюреском леспромхозе Удмуртской АССР на лесосеках, разработанных узкими лентами (Веткасов, Блохина, 1965). В среднем за 3 года отпад подроста составил 23%, причем 18% за первый год; 31% погибло мелкого подроста, в том числе 23% за первый год. Крупный подрост сохранился весь; отпад среднего (высотой 0,5—1,5 м) практически прекратился уже на втором году.

Выживаемость подроста в зависимости от полноты материнского насаждения исследовал В. Д. Касимов (1960). Наблюдения проводились в ельниках-черничниках и кисличниках подзоны южной тайги. Наиболее интенсивный отпад подроста отмечен после его выставления на свет из-под полога, высокополнотных насаждений. Отпад подроста, оставленного на лесосеке после рубки насаждений полнотой 0,5—0,6, колеблется в пределах от 3 до 20—30% сохранившегося; при полноте более 0,8 подрост погибал почти полностью.

В выводах М. С. Синькевича (1956), изучавшего выживаемость подроста в хвойных лесах Карельской АССР, подчеркивается, что в преобладающих типах еловых лесов — черничных — отпад подроста зависит также от характера размещения подроста по площади. У куртинного подроста ели отпад варьирует от 8 до 14%, а у одиночного и в группах — от 3 до 35%. Период приспособления, характеризующийся длительным процессом отпада и изменением интенсивности роста по высоте, у куртинного подроста вследствие излишней густоты продолжается до 8 лет, а у одиночного и в группах 4 года. Отпад соснового подроста от действия резкого изменения внешней среды не превышает 18%. Независимо от характера размещения по площади в процессе приспособления отмирает главным образом крупный подрост — высотой более 2 м. Наиболее интенсивно растет подрост, имевший под пологом леса высоту от 0,5 до 2 м; он успешно конкурирует с возобновлением мягколиственных пород. На более высокую устойчивость подроста высо-

той до 0,5 м указывали П. Н. Львов и А. А. Панов (1962), В. Е. Максимов (1971) и др.

Выживаемость подроста в какой-то мере связана с сезоном рубки. При освобождении из-под материнского полога в осенне-зимний период подрост лучше оправляется в условиях сплошных вырубок, чем при летней рубке, в период его усиленного роста.

Большое практическое значение имеет выживаемость поврежденного подроста. Мелкий подрост чаще страдает от обрыва корней, и в таком случае во время трелевки он выдергивается вместе с субстратом, а повреждения крон у него совсем незначительны. Повреждения крон и ошмыг стволика характерны для подроста высотой более 1 м, однако раны в виде ошмыга стволика зарастают без развития гнилей, подрост высотой более 1 м оправляется медленно.

Пройдя период приспособления к новым условиям, оправившийся подрост заметно начинает наращивать прирост. Н. Е. Декатов (1961) указывал, что сохранившийся на сплошных вырубках жизнеспособный еловый подрост характеризуется усиленным приростом, через три-четыре 10-летия отставание в росте, характерное для него до рубки материнского древостоя, компенсируется, и он достигает размеров, соответствующих его действительному возрасту при нормальном росте.

В целом по РСФСР количество сохраненного подроста из года в год возрастает при относительной стабильности или незначительном увеличении площадей вырубок: в 1960 г. подрост был сохранен на площади 29,5 тыс. га, в 1965 г. — 484,8, в 1970 г. — 911,3 и сохранение подроста после максимально достигнутого уровня в 1971 г. — 990,4 тыс. га; в 1972 и 1973 гг. площадь с сохраненным подростом несколько уменьшилась, что можно объяснить разработкой горельников, а также внедрением новой техники на лесозаготовках, которая не обеспечивает достаточного количества сохраненного подроста. Так, в 1971 г. при сохранении подроста на площади 990,4 тыс. га зачтено в план содействия естественному возобновлению 797,1 тыс. га, в 1972 г. эти показатели составляют соответственно 960,4 и 761,8 тыс. га, а в 1973 г. — 943,7 и 756,1 тыс. га. В 1971 г. было сохранено 80,5% подроста в отведенном лесосечном фонде, в 1972 г. 78,4 и в 1973 г. 77,8%. Относительно вырубленной площади сохранность

подроста составила в 1971 г. 41,9%, в 1972 — 39,1 и в 1973 г. — 37,6%. Хотя абсолютное уменьшение и не очень велико, но оно нежелательно для лесного хозяйства. Приведенные цифры характеризуют состояние сохранения подроста в целом по РСФСР; данные по европейской части РСФСР приведены в табл. 20.

20. Наличие подроста в лесосечном фонде и его сохранение при лесозаготовках в среднем за год в 1971—1975 гг.

Область, АССР	Отведено лесосек, тыс. га	Вырублено сплошны- ми рубками, тыс. га	Площади с подро- стом, тыс. га	Сохранено подроста, тыс. га	Зачтено в план со- действия	Сохранено подроста	
						% к вырубач- ной площади	% к выруб- ленной пло- щади в 1966— 1970 гг.
Зона тайги							
Архангельская	174,9	137,5	78,5	77,8	63,6	46,3	62,8
Вологодская	86,1	72,9	21,0	20,8	16,4	22,5	31,8
Карельская АССР	130,9	123,1	50,6	50,5	50,5	41,0	45,1
Кировская	84,6	75,1	26,6	31,9	34,4	45,8	32,2
Коми АССР	220,2	194,4	148,2	123,7	103,3	53,1	77,7
Костромская	39,2	32,9	12,5	12,2	9,9	30,1	39,3
Ленинградская	24,1	20,7	2,3	2,2	0,6	3,2	16,2
Мурманская	25,9	23,3	7,2	12,5	6,6	28,3	34,9
Удмуртская АССР	17,2	17,4	5,5	3,7	4,8	27,6	34,9
Зона смешанных лесов							
Брянская	6,2	5,0	0,1	0,1	—	—	1,9
Владимирская	8,4	7,9	1,6	1,6	0,8	9,5	4,0
Горьковская	30,8	26,7	1,0	1,0	0,5	1,6	6,3
Ивановская	9,7	7,6	1,0	1,0	1,6	1,6	16,8
Калининская	17,2	15,8	1,4	1,4	1,0	1,6	7,5
Калужская	5,7	4,6	0,3	0,2	0,1	1,8	6,3
Московская	7,1	5,1	0,2	0,1	—	—	5,9
Мордовская АССР	6,5	5,7	0,2	0,1	0,04	0,6	1,7
Новгородская	12,3	11,1	0,2	0,2	0,2	1,6	1,8
Псковская	5,1	4,9	0,3	0,3	0,3	5,9	7,6
Рязанская	6,9	6,2	0,04	0,02	0,01	0,1	1,7
Смоленская	7,1	5,7	0,4	0,3	0,1	1,4	5,1
Татарская АССР	12,6	11,2	0,1	0,1	0,01	0,1	2,5
Чувашская АССР	5,9	5,5	0,1	0,1	—	—	3,6
Ярославская	7,6	6,3	0,2	0,2	0,1	1,3	6,3

В таежной зоне в среднем ежегодно сохранялось подроста 41,6% к площади, вырубленной сплошными рубками, хотя этот показатель за предыдущую пятилетку составлял 52%. Наибольший процент сохраненного подроста отмечается в Коми АССР и Архангельской области, но по сравнению с достигнутыми результатами значительно снизился за последнее время. В Кировской области сохранен весь подрост в лесосечном фонде, а зачтено в план содействия естественному возобновлению даже больше за счет ранее сохраненного и приведенного в надлежащее состояние мерами ухода. В Мурманской области, где наиболее эффективны работы по воспроизводству лесных ресурсов, за 1965—1970 гг. в среднем сохранено 34,9% подроста к вырубаемой площади, а за 1971—1975 гг. — лишь 28,3%. Самая низкая сохранность подроста отмечена в Ленинградской области, что можно объяснить составом вырубаемого лесосечного фонда, где довольно значительный процент лиственных насаждений. Причем здесь сохранен почти весь подрост в лесосечном фонде, однако в план содействия естественному возобновлению зачтено лишь около 20%.

В зоне смешанных лесов наблюдается тенденция к уменьшению сохранения подроста при сплошных рубках: в 1966—1970 гг. было сохранено 5,4%, а в 1971—1975 гг. лишь 3,2%. Значительно меньшее количество сохраненного подроста в зоне смешанных лесов по сравнению с таежной объясняется структурой вырубаемых насаждений (преобладают лиственные породы) и менее успешным ходом предварительного естественного возобновления в целом. Однако необходимо отметить, что в этой зоне не полностью используются возможности по сохранению подроста, так как анализ материалов по предварительному возобновлению показывает, что фактическое наличие подроста под пологом насаждений здесь значительно больше.

Основное внимание следует уделять сохранению подроста в таежной зоне, так как при сложившихся условиях развития лесного хозяйства это основной способ воспроизводства лесных ресурсов, тем более что разработан ряд эффективных технологических схем и рациональных способов организации лесосечных работ.

Таким образом, рассмотрение вопроса об эффективности мер содействия естественному возобновлению и

сохранению подроста позволяет сделать следующие выводы.

Наиболее распространенные меры содействия естественному возобновлению на практике — это минерализация напочвенного покрова и сохранение подроста при лесозаготовках. Возобновление сосны и ели на обожженной почве возрастает по мере перехода от влажных к свежим и суховатым лесорастительным условиям. При огневом методе минерализации напочвенного покрова появление всходов сосны и ели обеспечивает прогорание лесной подстилки на глубину 1—2 см. Более эффективным методом является минерализация верхнего напочвенного покрова дисковыми рыхлителями и даже лемешными орудиями; наиболее эффективным из дисковых орудий при содействии естественному возобновлению на вырубках оказался покровосдиратель ПСТ-2 Л.

Успешное появление самосева во многом связано с интенсивностью минерализации. На хорошо минерализованной почве в сосняках-брусничках и черничниках количество самосева в 5—8 раз больше, чем на неминерализованных участках. В черничниковых типах леса появление самосева хотя и проходит успешно, однако быстро разрастающийся покров из злаковых трав препятствует успешному развитию всходов. В долгомошниковых типах соснового леса возобновление более успешно проходит на неминерализованной почве, поскольку в первые 2 года после рубки редкий покров из кукушкина льна не препятствует естественному возобновлению.

В зависимости от типов леса следует оставлять не менее 15—25 семенников, которые могут размещаться равномерно по вырубке, куртинами или группами. После появления самосева их надо убирать в зимний период. Источником обсеменения могут быть также стены леса; достаточное количество самосева может поселяться на расстоянии 60—70 м от них.

Наиболее эффективна технология разработки лесосек методом узких лент, в этом случае сохраняется 60—70% жизнеспособного подроста высотой до 1,5 м и выше. Сохранность подроста зависит от ширины пасек; при их ширине, равной высоте древостоя, в межволочном пространстве сохраняется 80—96% подроста, а при ширине, равной двойной высоте, — 70—74%.

Естественное возобновление леса находится в нераз-

рывной связи с выживаемостью подроста. Наиболее интенсивный отпад происходит сразу после рубок высокополнотных насаждений, когда подрост оказывается на свету. В среднем отпад елового подроста высотой до 0,5 м составляет 30—40%, высотой 0,5—1,5 м — 8—20 и более 1,5—15 — 30%. Хорошую выживаемость на вырубках имеет групповой подрост ели высотой более 1,5 м. Освобождение подроста из-под полога в осенне-зимний период способствует лучшей его сохранности, чем при рубках в летний период.

Глава VI

ИСКУССТВЕННОЕ ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЕ

Агротехника и технология лесокультурного производства. История отечественного лесокультурного производства показывает, что по мере повышения интенсивности ведения лесного хозяйства неизмеримо возрастает значение искусственного лесовосстановления. К настоящему времени основной объем лесовосстановительных работ (почти на половине вырубаемых площадей) переместился в лесную зону, где ведутся главным образом концентрированные рубки.

Объемы лесокультурных работ возрастают: в 1951—1955 гг. было посеяно и посажено 2,8 млн. га, в 1961—1965 гг. 5,7 и в 1971—1975 гг. 6,8 млн. га. Заметно улучшилась их структура, повысился удельный вес наиболее эффективного способа — посадки, которая в 1961—1965 гг. составляла 61%, а в 1971—1975 гг. превысила 80%. Улучшается качество лесных культур, а основная масса их создается из хвойных пород, причем в многолесных районах Европейского Севера, Сибири и Дальнего Востока доля их участия составляет 95—98%.

Агротехника и технология создания лесных культур зависят от природных условий, уровня ведения лесного хозяйства и категории лесокультурных площадей.

На вырубках хорошо очищенных и с небольшим количеством пней при подготовке почвы не требуется предварительная расчистка. Если же вырубки недостаточно очищены от валежника и порубочных остатков или на них много пней, то существующие почвообрабатывающие орудия не могут образовать полосы или борозды,

пригодные для создания лесных культур. } Качество подготовки почвы в этих условиях снижается не только из-за пней, ограничивающих прохождение агрегата, но также из-за густо переплетенных в верхних гумусированных слоях почвы скелетных корней. Особенно заметно снижение качества подготовки почвы в лесной зоне на площадях категории в, где количество пней превышает 600 шт/га. В таких условиях лучшие результаты получают при работе плуга ПКЛ-70, однако полная минерализация почвы им обеспечивается лишь немногим более чем 60% полос. Плуг ПЛП-135 может обеспечить полную минерализацию почвы с хорошо отваленными на обе стороны и прижатыми пластами лишь на 30% полос и частичную минерализацию на 30% полос, а 40% остается не минерализованными; на вырубках с числом дней до 600 шт/га этот плуг обеспечивает полную минерализацию на 70% полос и частичную на 20% полос. Плуг ПЛД-1,2 на вырубках с числом дней до 600 шт/га может минерализовать почву на 80% полос, а на площади с большим числом пней — лишь около 55%, оставляя более 20% полос совершенно не минерализованными.

В зоне тайги, где удельный вес площадей с малым количеством пней незначителен, а вырубки, как правило, недостаточно очищены от порубочных остатков и валежника, нормальная работа почвообрабатывающих машин и орудий затруднена и не обеспечивается высокое качество подготовки почвы без проведения предварительных мероприятий, включающих полосную расчистку вырубок от порубочных остатков и валежника, полосную раскорчевку пней (вплоть до сплошной раскорчевки).

Полосная расчистка вырубок от порубочных остатков и валежника имеет некоторые преимущества перед полосной раскорчевкой, поскольку удаляются отдельные пни, порубочные остатки и валежник, но максимально сохраняется дерновый горизонт. Изменения водно-физических свойств почвы при различной полосной расчистке резко сказываются на росте лесных культур. Так, культуры ели в 8-летнем возрасте на участке с полосной расчисткой без удаления дернового горизонта имели среднюю высоту 125 см, а на участке, где была проведена полосная раскорчевка с

удалением дернового горизонта, лишь 80 см при значительно меньшем диаметре у шейки корня.

Полосная раскорчевка создает необходимые условия для работы почвообрабатывающих орудий, однако приводит к обеднению верхних слоев почвы питательными веществами и ухудшению их водно-физических свойств, образованию глубоких ям, где застаивается вода, и к существенным затратам труда и средств.

Сплошная раскорчевка пней на вырубках не получила широкого производственного распространения не только из-за большой стоимости, но и потому, что частично или полностью удаляется лесная подстилка или дернина, нарушается структура гумусированных горизонтов, уплотняется и перемещается почва, а вместе с выкорчеванными пнями удаляется значительная часть наиболее плодородной почвы.

Полосная частичная расчистка с шириной полос и междуполосных пространств 2,5—3 м оказалась наиболее целесообразным способом подготовки площади под лесные культуры ели на старых вырубках с порослью лиственных пород высотой до 3 м.

Различные способы обработки почвы по предварительно раскорчеванным полосам с удалением дернового горизонта и по расчищенным полосам без его удаления с точки зрения изменения водно-физических свойств почв изучали на вырубках, где полосная раскорчевка осуществлялась с помощью корчевателя Д-513А, а полосная расчистка — машиной для расчистки полос МРП. При помощи МРП на полосах удаляли порубочные остатки, а гумусовый горизонт — только на местах выкорчевки пней. За один проход выкорчевывали в среднем 6 пней (4—10) на 100 м полос, т. е. на 80—85% площади дерновый горизонт был сохранен, и их относили к полосам без удаления гумусового горизонта. К полосам с удалением дернового горизонта относили те, на которых он оставался на небольших участках, в сумме составляющих 15—20% от протяженности полос. Такая расчистка получается при работе с корчевателем Д-513А. В расчищенных полосах почву разрыхляли на глубину 10 см несколькими проходами фрезы ФЛУ-0,8, а на глубину 25—30 см — 2—3-кратным проходом вычесывателя корней ВК-1,7 и фрезы ФЛУ-0,8. Последующую обработку почвы в виде пластов выполняли плу-

гами ПСН-140 и ПКЛ-70 (в 1- и 2-отвальном варианте). Свальные пласты от этих плугов имеют высоту над поверхностью почвы сразу после вспашки 25—30 см, а 2-отвальные пласты от плуга ПКЛ-70 — 15—20 см. Разрыхленные микроповышения создавали дисковым плугом ПЛД-1,2 и шнековой фрезой ФЛШ-1,2. После прохода дискового плуга микроповышения над поверхностью почвы имели среднюю высоту — 5—8 см, а после прохода шнековой фрезы — 10—15 см.

После подготовки площади двумя способами и обработки почвы определяли объемный вес почвы на различной глубине в 3-кратной повторности с помощью прибора Н. А. Качинского. Повторно плотность почвы определяли через год, в период посадки культур. Наблюдения показали, что на вырубках с дерново-подзолистыми почвами в типе условий местопроизрастания С₃, где мощность гумусового горизонта 15 см, подзолистого 10, переходного (А₂В₁) 20 и В₁ 60 см, плотность почвы увеличивается сверху вниз. Плотность горизонтов А₁ — около 1 г/см³; А₂ — 1,2—1,3; А₂В и В₁ — 1,5—1,6 г/см³. Таким образом, при полосной раскорчевке с удалением дернового горизонта удаляется более рыхлый горизонт и в верхнем слое оказывается почва с большей плотностью — 1,5 г/см³.

Различные способы последующей обработки почвы в разной степени изменяют плотность почвы. На расчищенных полосах с удаленным гумусовым горизонтом плотность почвы сразу после вспашки имеет меньшую величину, чем до вспашки. Так, плотность почвы 1—1,2 г/см³ в горизонте 0—30 см оказывается в вариантах, где вспашка или рыхление производилось плугами ПСН-140 и ПКЛ-70 (1-отвальный вариант), шнековой фрезой и корневычесывателем. Такая же плотность почвы, но в горизонте 0—20 см, получается при обработке ее плугами ПКЛ-70 (2-отвальный вариант) и ПЛД-1,2, фрезой ФЛУ-0,8. Однако уже через год (в период посадки культур) плотность почвы на полосах с удалением гумусового горизонта оказывается такой же, как и до вспашки, исключение составляют только овалы и пласты плуга ПКЛ-70 высотой более 20 см над поверхностью, где меньшая плотность почвы сохраняется в горизонтах 0—20 и 0—10 см.

На полосах с расчисткой без удаления гумусового

горизонта, как и на участках вырубки без расчистки, вспашка уменьшает плотность почвы в нижних слоях зоны обработки при рыхлении на глубину 25—30 см или увеличивает мощность слоя почвы с меньшей плотностью до 30 см, что имеет место на пластах, образованных плугами ПСН-140 и ПКЛ-70, и на повышениях от плуга ПЛД-1,2 и фрезы ФЛШ-1,2.

На вырубках без предварительной расчистки площади или в случаях, когда расчистку производят без удаления дернового горизонта — рыхление почвы на глубину 25—30 см, создают микроповышения из разрыхленной почвы и пласты различной высоты, обеспечивается уменьшение плотности почвы, которое сохраняется и через год после обработки — в период посадки культур. В меньшей степени это проявляется после вспашки почвы дисковым плугом из-за частичного удаления гумусового горизонта. Следовательно, обработка почвы на вырубках без предварительного удаления дернового горизонта является полезным агроприемом, увеличивающим мощность слоя меньшей плотности. Изменения плотности определяются глазомерно по степени оседания обработанной почвы. Пласты, образованные плугами ПСН-140 и ПКЛ-70 (1-отвальный вариант), высотой над поверхностью сразу после обработки более 25 см за зиму оседают на 10 см, причем почти одинаково на расчищенных полосах с наличием или без дернового горизонта. Пласты средней высотой после обработки менее 20 см (2-отвальные пласты плуга ПКЛ-70, повышение после прохода дискового плуга или шнековой фрезы) на полосах без дернового горизонта оседают за зимний период до уровня поверхности почвы, тогда как при наличии дернового горизонта они имеют среднюю высоту 5 см.

Закономерности изменения плотности почвы в зависимости от способов обработки при различной предварительной расчистке проявляются также в изменении воздухообеспеченности верхних слоев. Исследования показали, что перед посадкой культур в расчищенные полосы, где удален дерновый горизонт и различным способом обработана почва, в верхних слоях содержится менее 20% воздуха (от общей порозности почвы); исключение составляет вариант обработки почвы с образованием мощных пластов, подготовленных плугами

ПСН-140 и ПКМ-70 (1-отвальный вариант). На расчищенных полосах без удаления дернового горизонта создание повышений и рыхление на глубину 25—30 см обеспечивают через год после обработки наличие воздуха в верхнем 20-сантиметровом слое более 20% общей порозности при влажности, близкой к полевой.

Подготовка почвы должна обеспечить благоприятные условия для создания лесных культур. Учитывая, что она осуществляется один раз и оказывает влияние на приживаемость, рост и развитие лесных культур, ей необходимо уделять большое внимание.

Агротехника подготовки почвы складывалась в южных районах — в лесостепной и степной зонах, где практически зарождались лесные культуры. Здесь преследовалась цель сохранить влагу, уничтожить или ограничить появление травянистой растительности, в сильной мере потребляющей влагу, и улучшить физические свойства почвы. В лесной зоне подготовкой почвы предусматривается изменить многие факторы среды: создать оптимальные условия для посева и посадки лесных культур, обеспечить возможность проведения механизированных уходов, регулировать водный режим на дренированных почвах и ограничить доступ избытка влаги к корневым системам сеянцев на временно переувлажненных или избыточно увлажненных почвах, улучшить условия минерального питания и физические свойства почв, устранить вредное воздействие травянистой растительности.

На вырубках с сухими почвами (сосняки лишайниковые и вересковые) при небольшом количестве пней и слабом развитии травяного покрова лучше проводить посадку без предварительной подготовки почвы. Практика показала, что культуры сосны, посаженные в неподготовленную почву, отличаются более высокими показателями приживаемости и роста по сравнению с культурами, заложенными в плужные борозды. Посадку можно осуществлять лесопосадочными машинами СБН-1 и ЛМД-1. Лучшие результаты получают при посадке саженцев с закрытой корневой системой машиной ЛМБ-1. На участках с сильно развитым травяным покровом лучшие результаты дают плужные борозды минимальной глубины в целях удаления тра-

вянистой растительности, а не разрыхление почвы, что можно сделать плугом ПКЛ-70.

На вырубках со свежими почвами (сосняки и ельники брусничные), которые обычно занимают возвышенности водоразделов, выбор наиболее рационального способа подготовки почвы зависит в основном от характера задернения почвы. На незадернелых участках целесообразна посадка без подготовки почвы, на задернелых требуется уничтожение травянистой растительности и в первую очередь вейника на-



Рис. 12. Сосново-лиственничные культуры на влажных почвах

земного. Этого можно достигнуть фрезерными рабочими органами, когда интенсивное рыхление с перемешиванием поверхностных горизонтов улучшает лесорастительные свойства почв, и плугом ПЛК-70, хотя на фрезерованных полосах затем идет интенсивное развитие травянистой растительности, что осложняет проведение механизированных уходов.

На вырубках с влажными почвами (сосняки и ельники кисличные и черничные), которые приурочены к дренированным водораздельным равнинам с

расчлененным рельефом, а в ряде случаев занимают пониженные ровные местоположения, почву готовят плугами ПКЛ-70 и ПЛП-135, затем высаживают сеянцы в пласт. Подготовка почвы на вырубках в сосняках кисличных, сосняках и ельниках сложных на супесчаных почвах заключается в удалении на сторону верхнего 5—7-сантиметрового слоя, густо насыщенного корнями травянистой растительности и корневищами злаков, и создании минимальных микроповышений. Здесь целесообразны предварительная полосная раскорчевка и последующая подготовка почвы плугом ПКЛ-70, хотя возможно и рыхление дисковыми орудиями с образованием микроповышений.

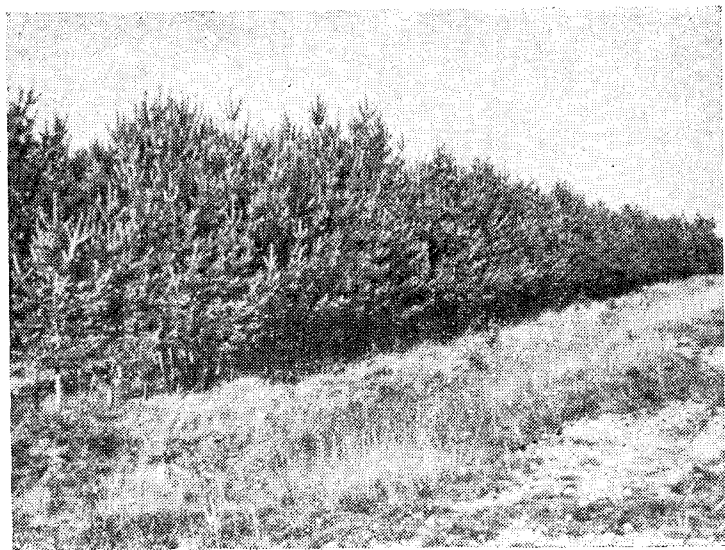


Рис. 13. Сосновые культуры на избыточно увлажненных почвах

На вырубках с сырыми почвами (сосняки и ельники долгомошными и травяно-болотные), как правило, приуроченных к сильно пониженным слабодренированным участкам с постоянным или застойным увлажнением почв (рис. 12, 13), применяют плуг-канавокопатель ПКЛН-500, а в более трудных условиях сырых заболоченных подзолисто-глеевых почв — канаво-

копатель ЛКА-2М. В этих случаях целесообразно высаживать более крупный посадочный материал в пласты, чтобы корневые системы быстрее достигали гумусированных слоев почвы.

Существующие марки корчевателей и корчевальных машин не полностью удовлетворяют требованиям, предъявляемым к раскорчевке, так как уносятся значительное количество плодородной почвы и образуются подпневые ямы больших диаметров, а при интенсивной раскорчевке значительно ухудшаются водно-физические и химические свойства почвы, что весьма заметно сказывается на сохранности и росте лесных культур. Плуги ПКЛ-70, ПЛП-135 и др. не обеспечивают качественного приготовления пласта и равномерного размещения растений на площади, а также создания культур оптимальной густоты, поскольку провести борозды плугом ПКЛ-70 с расстоянием менее 3 м практически невозможно, а плуг ПЛП-135 позволяет получить лишь 5-метровые расстояния между полосами. Лесопосадочные машины не обеспечивают качественной посадки и разрушают пласт. Все это говорит о необходимости разработки новых машин и орудий, отвечающих агротехническим требованиям.

Способы создания лесных культур. Посев и посадка имеют свои преимущества и недостатки. Преимущества посева заключаются в следующем: с самого начала создаются естественные условия возобновления леса, при которых корневая система не подвергается нарушениям, как при посадке, что особенно важно для древесных пород, формирующих стержневой корень; посев проще осуществить, при этом отпадает надобность в питомниках и, следовательно, исключаются лишние затраты на выращивание посадочного материала.

В современных условиях стоимость семян, особенно генетически лучших, собранных с плюсовых и элитных деревьев и лесосеменных плантаций, возросла, а себестоимость выращивания посадочного материала снизилась за счет комплексной механизации работ в питомниках и индустриализации выращивания посадочного материала в контролируемой среде. Это показывает сравнение прейскурантной стоимости семян и посадочного материала хвойных пород, а еще больше контрастность проявляется при сравнении фактической себесто-

ности заготовки семян и выращивания посадочного материала. Преимуществами посадок является также то, что они обеспечивают лучшую приживаемость и хороший рост и развитие лесных культур, большую энергию роста, что приводит к быстрейшему смыканию и лучшей биологической устойчивости; кроме того, посадкой облесен ряд участков в очень трудных лесорастительных условиях, где посевами это не удавалось сделать десятки лет.

При выборе способа создания лесных культур следует учитывать в первую очередь климатические особенности района и условия местопроизрастания. В практике искусственного лесовосстановления посевом создают лишь культуры дуба. Хвойные культуры создают, как правило, посадкой, но в северных районах таежной зоны применяют и посев (удельный вес его ежегодно уменьшается); посев применяют также на каменистых почвах и на труднодоступных отдаленных участках. Посев имеет ряд специфических особенностей, невыполнение которых приводит к снижению его эффективности. Прежде всего это особенность подготовки почвы, когда должны быть устранены основные неблагоприятные факторы и обеспечены необходимые условия для прорастания семян и роста всходов. Замечено, что при глубоком рыхлении почвы снижается грунтовая всхожесть семян, и наоборот, лучшие результаты достигаются при минимальной глубине рыхления.

Наиболее рациональный способ подготовки дренированных почв под посев — это удаление папочвенного покрова с одновременным рыхлением минеральной части почвы на глубину, необходимую для заделки семян (Синькевич, Шубин, 1969). Семена хвойных пород на подстилке прорастают хуже, чем на минеральной почве, что объясняется различным водным режимом и температурой на поверхности почвы. По наблюдениям в Карелии установлено, что в солнечные дни уже через 4 ч после выпадения обильных осадков влажность верхнего слоя подстилки на вейниковой вырубке мало благоприятна для прорастания семян, а за 10 ч он настолько высыхает, что семена в ней прорасти не могут. Это объясняется рыхлым строением лесной подстилки, способствующим испарению воды и препятствующим капиллярному поднятию ее к поверхности. Удаление подстил-

ки несколько улучшает условия для прорастания семян, но степень ее удаления сильно меняет водный и тепловой режимы, что затрудняет последующий рост. На участках с полностью удаленной подстилкой почва быстро сохнет, сильно нагревается и растрескивается.

По данным М. С. Синькевича и В. И. Шубина (1969), всхожесть семян сосны и ели, посеянных в верхний слой подстилки, оказывается очень низкой (около 1%), а отпад всходов достигает 90% и более. При удалении верхней части подстилки наблюдаются большие колебания. На свежей вырубке из-под сосняка багульникового грунтовой всхожесть семян сосны при толщине оставшегося слоя подстилки до 1 см составляет 15,9%, при толщине слоя 1—2 см — 6,8%, при толщине слоя 2—3 см — 1,6%. На более дренированных почвах снижение грунтовой всхожести семян с увеличением толщины оставляемого слоя подстилки еще значительнее.

Плужная обработка почвы может дать хорошие результаты на хорошо дренированных супесчаных почвах, при проведении плужных борозд с востока на запад и высеве семян под южную бровку дна борозды. На суглинистых почвах посев в дно борозды приводит к выжиманию всходов. При посеве в пласты плужных борозд глубина вспашки должна обеспечивать формирование пластов с мощностью верхнего минерального слоя не менее полуторной мощности совмещенной подстилки. Только при этом условии в пластах создаются благоприятные условия для появления всходов и роста сеянцев.

На очень сухих почвах, которые быстро теряют влагу в поверхностном горизонте, посевы не могут конкурировать с посадками, так как появившиеся в этих условиях всходы в связи с потерей влаги сразу же засыхают, не успевая развить корневую систему, способную обеспечить жизнедеятельность. На избыточно увлажненных почвах растения интенсивно выжимаются под действием заморозков или морозов и погибают. На более плодородных почвах сильно развивается травянистая растительность, угнетающая всходы; их слабая корневая система почти не выдерживает конкуренции с корневыми системами травянистой и особенно злаковой растительности. При посадках достигается более равномерное размещение растений по площади, что

позволяет в первые же годы обеспечить уход за ними и создать условия для более быстрого роста и лучшего развития лесных культур; отставание всходов в росте иначе не может быть компенсировано.

Сеянцы древесных и кустарниковых пород чаще высаживают весной, когда наиболее благоприятны условия для приживаемости и роста растений, хотя практически можно производить посадку в течение всего вегетационного периода, особенно при использовании посадочного материала с закрытой корневой системой. Однако необходимо учитывать, что при посадке сеянцев с открытой корневой системой приживаемость культур более позднего периода снижается по мере отодвигания сроков посадок; степень снижения зависит от условий местопроизрастания и климатических особенностей периода. При осенних посадках наиболее вероятны худшие результаты, особенно в период сухой осени, когда корневая система засыхает на сухих почвах, а на избыточно увлажненных участках корневые системы сеянцев часто страдают от вымокания и выжимания. Во всех условиях при осенних посадках имеется опасность повреждения культур мышевидными грызунами.

Летние посадки проводят в основном для дополнения лесных культур, а в последнее время значимость их постоянно увеличивается и для непосредственных посадок, особенно в зоне тайги. Растягивание сроков проведения лесокультурных работ в этой зоне имеет большое практическое значение, во-первых, из-за недостатка рабочей силы и, во-вторых, из-за превалирования избыточно увлажненных площадей, на которых в ранний весенний период посадка практически невозможна. В таких условиях ранние летние посадки дают хорошие результаты, хотя и требуют затрат и усилий по сохранению посадочного материала. Практическое значение для этих целей приобретает посадочный материал с закрытой корневой системой, применение которого может решить многие вопросы высокого качества лесных культур.

На современном уровне развития механизации применяют три основных способа посадки сеянцев: в неподготовленную почву, в предварительно подготовленную и одновременно с подготовкой почвы. Применение того или иного способа посадки зависит также от груп-

пы типов лесных вырубок по методам лесовосстановления.

Важное место в деле выращивания культур занимает вопрос о количестве посадочных мест на 1 га. Существующими почвообрабатывающими орудиями на вырубках с числом пней 600—700 шт/га практически невозможно провести борозды ближе, чем через 3—3,5 м, или 3,3—2,6 тыс. м/га. При среднем расстоянии между сеянцами в ряду 0,75—1 м количество их на 1 га от 2—2,6 до 3,5 тыс. шт.; при полосной раскорчевке среднее расстояние между рядами 5—6 м, или 2—1,66 тыс. м полос на 1 га. Исследования роста и продуктивности культур сосны, ели и лиственницы, созданных с шириной междурядий 1,5—4 и 5 м (Калиниченко и др., 1967, 1973), показали, что лиственница и ель на вырубках, где обеспечивается их подгон лиственными породами, в 60—70-летних культурах с 4—5-метровыми междурядьями дают не меньший запас, чем культуры в том же возрасте с 1,5—2-метровыми междурядьями. Поэтому при соответствующих мерах ухода такого количества посадочных мест лиственницы и ели достаточно, чтобы с учетом некоторой части подроста и лиственных пород сформировать полноценное насаждение. Что касается сосны, то в силу ее биологических особенностей и плохого очищения от сучьев расстояние между рядами должно быть не более 3 и между сеянцами — 0,75 м. Это обеспечивает более быстрое смыкание культур в рядах и исключает необходимость в последующих дополнениях.

Успешность работы и производительность лесопосадочных машин определяется в основном тремя факторами: характером очистки лесосек, качеством подготовки почвы и энергетическими средствами. На свежих незадернелых вырубках, непосредственно после рубки насаждений, физические свойства почвы бывают даже лучше, чем в бороздах, подготовленных плугом ПКЛ-70, поэтому с этой точки зрения высаженные в неподготовленную почву сеянцы находятся в благоприятных условиях. Многочисленные опыты показали, что приживаемость культур на неподготовленной почве в этих лесорастительных условиях не ниже, чем с предварительной подготовкой почвы. Однако успешность приживания и роста сеянцев всецело определяется качеством

и своевременностью последующего ухода, так как напочвенный покров здесь развивается весьма интенсивно. При несвоевременном уходе показатели роста сеянцев заметно снижаются. Такой метод посадки наиболее целесообразно сочетать с применением гербицидов для подготовки почвы и ухода. На раскорчеванных полосах посадка сеянцев не представляет какой-либо трудности и может проводиться лесопосадочными машинами ЛМД-1 и СБН-1А, обеспечивающими высокое качество посадки. Особую сложность представляет посадка культур на влажных почвах, где сеянцы высаживают в микроповышения. По ранее принятой технологии подготовка почвы в черничных и кисличных типах леса проводилась плугами 1- или 2-отвального типа с посадкой сеянцев в пласт. По 1-отвальным пластиам, образованным плугом ПКЛ-70, посадка сеянцев еще не механизирована.

Для посадки сеянцев хвойных пород по пластиам, подготовленным плугом ПЛП-135, разработана сажалка лесная навесная пластовая СЛП-2. Такая посадка очень сложна, поскольку далеко не во всех случаях образованные плугом ПЛП-135 пласти имеют толщину 25—30 см. Более тонкие пласти, обычно формирующиеся у пней, лесопосадочная машина сдвигает в сторону или высаживает сеянцы в тонкий слой дернины, плохо прижимающей корневую систему сеянцев. Пласт, разрезанный на две части сошником лесопосадочной машины, больше подвергается выветриванию, хуже срастается с основным почвенным субстратом, что затрудняет капиллярное поднятие влаги (особенно это заметно на суглинистых почвах). Поэтому надежные результаты обеспечиваются при посадке сеянцев на вырубках с небольшим количеством пней, где толщина пластов более стабильна.

Создание лесных культур крупномерным посадочным материалом. Многолетний опыт создания лесных культур на не покрытых лесом площадях и на свежих вырубках 2—3-летними сеянцами показал, что уже в первые годы они требуют многократных уходов. В противном случае сильно разрастается травянистая растительность, культуры заглушаются и гибнут. Возрастание темпов лесовосстановительных работ в зоне тайги при недостатке рабочей силы для проведения качественного

ухода за создаваемыми лесными культурами диктует необходимость поиска более успешных методов создания лесных культур.

Повышение устойчивости лесных культур против заглушения их травянистой растительностью и возобновлением мягколиственных пород может быть достигнуто при посадке более крупным посадочным материалом — высотой более 25 см. Такие культуры в первые же годы способны давать интенсивный прирост и выходить из зоны влияния травянистой растительности, уменьшать в какой-то мере вредное воздействие появляющегося возобновления мягколиственных пород, поэтому можно исключить или довести до минимума затраты труда и средств на агротехнический уход. В табл. 21 приведены данные, полученные в 1970 г. Союзгипролесхозом в ходе изучения роста и развития культур ели в различных условиях местопроизрастания.

Анализ этих данных показывает, что на легких почвах в сырых условиях (B_4) рост культур ели несколько лучший, чем в свежих (B_2), причем разница в росте сохраняется в культурах, созданных как крупным посадочным материалом, так и сеянцами. В 7-летнем возрасте культуры, созданные 4-летними саженцами, оказались в 1,6 раза выше, причем прирост в высоту у саженцев с возрастом увеличивается, поэтому разница в приросте значительно возрастает. Среднюю высоту травяного покрова культуры ели, созданные 4-летними саженцами, преодолевают через 2 года, а 2-летние сеянцы — через 4 года. В условиях местопроизрастания C_2 разница в росте культур даже больше: 2-летние сеянцы дали прирост меньше в 2,7 раза, чем 6-летние, и в 2,2 раза, чем 4-летние саженцы, в 1,6 раза, чем крупные 3-летние сеянцы; 6-летние культуры из 2-летних сеянцев меньше в 2 раза культур из 4-летних саженцев и в 1,5 раза — из 3-летних сеянцев. На тяжелых почвах в условиях B_4 и B_5 сохраняются те же тенденции, хотя степень их проявления различна. Если 4-летние саженцы достигают средней высоты травяного покрова за 3 года, то 2-летние за 5 лет. Примерно аналогичный рост культур ели и в условиях местопроизрастания C_3 и C_4 : саженцы растут гораздо лучше мелких сеянцев, сохраняя преимущества в величине прироста на протяжении 7 лет.

**21. Рост культур ели в различных условиях
местопроизрастания**

Условия местопроизрастания	Посадочный материал	Средняя высота материала, см	Высота, см, по годам жизни						
			1	2	3	4	5	6	7
В ₂	На легких почвах								
	Саженьцы 4 лет	29	38	50	65	85	110	140	177
	Сеянцы 2 »	11	17	25	38	53	70	90	112
В ₄	Саженьцы 4 лет	29	38	52	71	96	124	155	191
	Сеянцы 2 »	12	17	30	45	62	82	103	126
С ₂	Саженьцы:								
	6 лет	34	44	60	84	144	—	—	—
	4 »	29	40	54	73	95	121	150	182
	Сеянцы:								
	3 лет	25	34	46	59	74	92	112	136
	2 »	12	16	22	31	42	57	75	—
С ₃	Саженьцы:								
	6 лет	40	62	85	114	—	—	—	—
	5 »	34	45	60	82	—	—	—	—
	4 »	31	41	55	73	96	124	156	190
	Сеянцы:								
	3 лет	17	26	40	59	80	103	—	—
	2 »	12	19	32	49	69	92	117	—
В ₃	На тяжелых почвах								
	Саженьцы 4 лет	29	35	43	54	69	89	111	136
	Сеянцы 2 »	11	17	25	35	49	65	84	105
В ₄	Саженьцы 4 лет	25	32	43	56	74	94	117	—
	Сеянцы 2 »	12	18	26	36	49	66	89	116
В ₅	Саженьцы:								
	5 лет	43	56	77	103	135	—	—	—
	4 »	30	38	55	80	110	140	—	—
	Сеянцы 2 лет	10	16	28	41	55	70	87	—

Условия местопрорастания	Посадочный материал	Средняя высота материала, см	Высота, см, по годам жизни						
			1	2	3	4	5	6	7
C ₂	Саженьцы:								
	5 лет	34	49	70	95	128	164	204	247
	4 »	30	39	52	68	88	—	—	—
	Сеянцы:								
	3 лет	15	21	33	47	65	86	111	138
	2 »	12	18	28	39	53	68	86	—
C ₃	Саженьцы:								
	6 лет	35	48	64	81	—	—	—	—
	4 »	32	45	60	76	94	114	—	—
	Сеянцы:								
	3 лет	12	20	29	39	50	61	73	87
	2 »	10	15	22	30	38	47	57	67
C ₄	Саженьцы:								
	4 лет	27	39	58	70	89	110	132	160
	3 »	25	36	50	67	86	106	129	155
	Сеянцы 2 лет	10	16	25	36	49	64	81	—

Все эти данные говорят о преимуществах крупного посадочного материала перед мелким во всех условиях местопрорастания. Текущий прирост крупного посадочного материала также больше, чем сеянцев 2—3-летнего возраста.

При создании лесных культур крупным посадочным материалом очень важно равномерное размещение по площади и соблюдение параллельности и прямолинейности рядов для удобства проведения последующих уходов, в частности осветлений.

Для посадки на вырубках укрупненного посадочного материала в 1965 г. разработана специальная лесопосадочная машина СКЛ-1. Существенное ее отличие от машины СБН-1 заключается в том, что сошник специальной конструкции образует посадочную щель шириной 25 см. Последующая заделка корневых систем са-

женцев осуществляется не боковым прижатием земли, а почвенной волной, образованной от самого сошника. Машина высаживает 4—5 тыс. саженцев за смену.

Уход за лесными культурами. Агротехнический уход в процессе выращивания насаждений во многом определяет их успешность, особенно на вырубках, где есть условия для быстрого развития травянистой растительности и появления возобновления мягколиственных пород. Необходимость проведения уходов определяется также общим изменением среды. Рыхление почвы сокращает расход влаги на испарение, способствует изменению теплового режима почвы, улучшению условий аэрации и поглощению атмосферных осадков. В зоне достаточного увлажнения значение уничтожения травянистой растительности в большей мере определяется не ее иссушающим влиянием, а затеняющей ролью. При сильном развитии травянистой растительности, особенно злаковой, не исключено повреждение молодых культур навалом травостоя: поломка и искривление стволиков, а иногда и их гибель.

Своевременный же агротехнический уход обеспечивает повышение приживаемости лесных культур, способствует лучшему росту и быстрейшему смыканию в рядах и междурядьях. Число и повторяемость уходов зависят от условий местопроизрастания, величины и интенсивности роста посадочного материала, густоты и высоты травяного покрова.

На степень развития и видовой состав травостоя, а также на скорость трансформации напочвенного покрова влияет способ обработки почвы. В первый вегетационный период на вырубках с микроповышениями преобладают сныть, иван-чай, золотарник, а в микропонижениях — осоки. Если в первый вегетационный период на необработанных участках проективное покрытие злаками составляет 36%, то на второй год 70—75 и на третий 80—90% (рис. 14). В бороздах после прохода плуга ПКЛ-70 и на полосах без дернового горизонта травянистая растительность в основном представлена осокой, ситником, сушеницей болотной и злаками. На пластах и расчищенных полосах без удаления дернового горизонта в растительном покрове уже через год преобладает разнотравье, а затем доминируют злаки. На необработанных участках в травяном покрове с самого

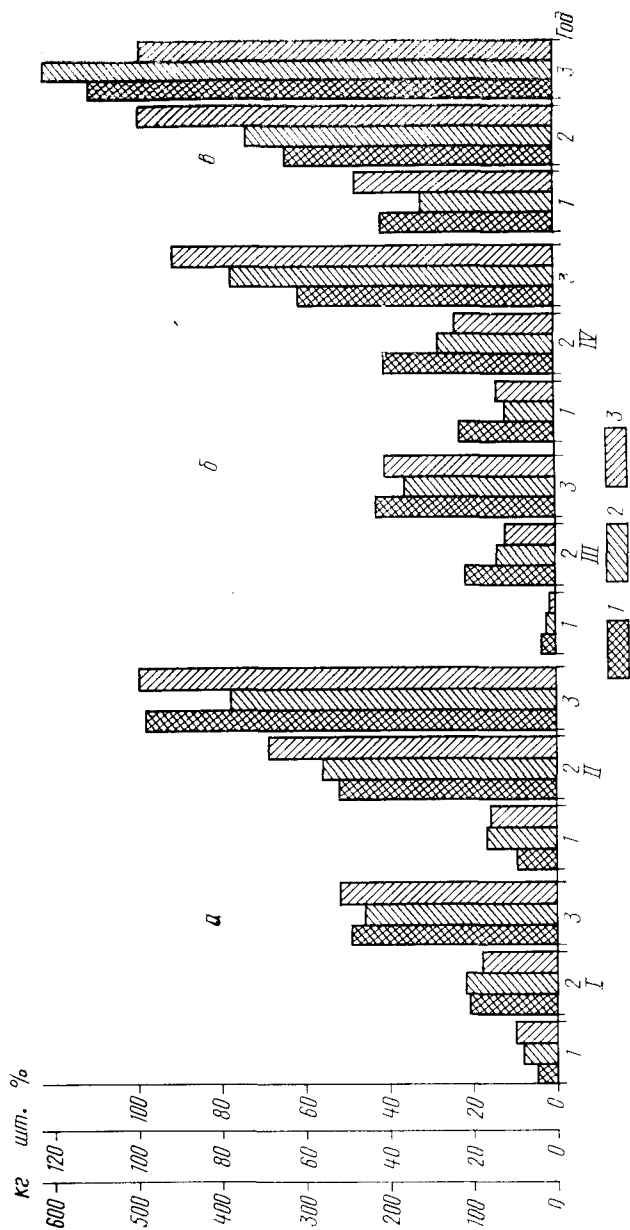


Рис. 14. Развитие травянистой растительности в зависимости от способа подготовки почвы:
а — излом ПКЛ-70; I — бороздами; II — пластами; б — корчевателем Д-513А; III — с вспашкой, IV — без
обработки; 1 — масса; 2 — количество растений; 3 — проективное покрытие

вспашки; в — без

начала преобладает злаковая растительность. Наименьшая масса травостоя отмечена в бороздах, а наибольшая — на необработанной почве.

Вырубки из-под сосняков лишайниковых и вересковых занимают особое положение, где напочвенный покров разрастается постепенно (слабо), а обработанные полосы или борозды зарастают крайне медленно и первые 2 года около 80% обработанной почвы остается свободной от травянистой растительности.

При механизированной подготовке почвы на вырубках в лесокультурной практике применяют рыхление, окашивание и химический уход (гербициды). При рыхлении приствольных кругов почвы у основания елочек образуются понижения, в которых застаивается вода и растения вымокают. По данным М. Н. Прокопьева (1964), на тяжелых суглинках и глинистых почвах приживаемость 5-летних культур ели на пластах при рыхлении почвы на 19% ниже (57%), чем на участках, где просто удаляли сорные травы (68%), при этом заметно снизился и прирост культур. На песчаных и супесчаных почвах рыхление почвы на пластах также не оказало положительного влияния. Выжиманию растений способствуют не только рыхление, выполненное ручным способом, но и механизированная обработка почвы. При создании культур с полосной раскорчевкой и последующей вспашкой почвы обнажаются слабо аэрируемые подзолистые горизонты почвы и формируются корытообразные понижения. Такие понижения образуются и при использовании 2-отвальных плугов на супесчаных даже хорошо дренированных почвах. Естественно, что при таких условиях самое тщательное рыхление почвы не может ликвидировать микропонижения.

В ходе исследований было установлено, что травянистые растения воздействуют на саженцы хвойных пород через корневые выделения; не оказывают отрицательного влияния на саженцы иван-чай и малина. По данным М. Н. Прокопьева (1964), даже густота полога из иван-чая до 0,6 не оказывала отрицательного влияния на рост культур. Более того, считается, что в этом случае уменьшаются температурные колебания и опасность действия заморозков, а также развитие злаков. При наличии же вейника культуры начинают испытывать угнетение даже при его густоте 0,2—0,3.

При решении вопроса о целесообразном применении того или иного вида ухода надо учитывать следующее: обработку суглинистых и глинистых дерново-подзолистых почв под лесные культуры следует проводить с образованием микроповышений, исключающих возможность вымокания или выжимания саженцев; при применении культиваторов для рыхления их рабочие органы следует устанавливать для работы всвал; на участках с тщательной подготовкой почвы целесообразно проводить механизированную культивацию (культиваторами КЛБ-1,7, ДЛКН — 6/8 и др.); в определенных условиях следует совершенствовать и внедрять применение гербицидов.

Число уходов в значительной мере зависит от размеров и интенсивности роста посадочного материала. На развитие травянистой растительности оказывают влияние состав и полнота срубленного древостоя, способы чистки лесосек и сроки подготовки почвы. В благоприятных условиях в случае ранней предварительной подготовки почвы травянистая растительность имеется уже к моменту начала посадки, поэтому число уходов в первый же год посадки резко возрастает. Здесь подготовку почвы нужно проводить с учетом развития травянистой растительности и сроки обработки относить на раннюю осень.

По данным изучения хода роста лесных культур, созданных различным по величине, возрасту и виду посадочным материалом, с учетом развития травяного покрова и возраста культур, достигающих средней высоты травяного покрова, составлены рекомендации числа уходов и сроков их проведения в подзоне смешанных лесов с преобладанием хвойных (Баранник, 1972). В культурах, созданных 2—3-летними сеянцами высотой до 15 см, почти во всех условиях местопроизрастания проведение мер борьбы с травянистой растительностью требуется в первые же годы их жизни, так как травяной покров поднимается значительно выше. В частности, это касается условий местопроизрастания В₃, В₄, С₂, С₃, здесь необходимость в уходах обычно бывает до момента выхода средней высоты культур над средней высотой травостоя. В условиях В₅ и С₄ при посадке в дно борозды или в пласт, подготовленный плугом ПЛП-135, в осенний период необходимости в уходах в первый

год после посадки может не быть. При создании культур ели посадкой крупным посадочным материалом по подготовленной осенью на свежих лесосеках почве агротехнический уход не требуется.

В целях борьбы с травянистой сорной растительностью применяют химические средства (гербициды): симазин, аминную и натриевую соли 2,4Д, реглон и др. Симaziном опрыскивают поверхность почвы весной, до появления сорняков. Соли 2,4Д и реглон поражают растения через листья, поэтому их применяют после появления сорняков. Предохранение саженцев древесных пород от повреждения этими гербицидами достигается направленным опрыскиванием: гербициды разбрызгивают у поверхности почвы, чтобы они не попадали на растущие побеги и точку роста саженцев. Химический уход целесообразнее проводить в начальный период развития, тем более что гербициды, вызывая гибель сорной растительности, не оказывают вредного влияния на хвойные породы.

Химические меры борьбы с сорной растительностью имеют большие преимущества по сравнению с механическими приемами, так как для опрыскивания разработаны различные орудия. Сочетание же химического ухода с уничтожением нежелательной древесной растительности дает двойной эффект — наряду с проведением агротехнического ухода можно значительно отодвинуть сроки работ по осветлению культур, а в ряде случаев и совершенно от них отказаться.

Таким образом, рассмотрение вопросов агротехники подготовки почвы, посева (посадки) и ухода за лесными культурами позволяет сделать следующие выводы.

В группах лишайниковых и вересковых типов леса наиболее целесообразна обработка почвы на свежих вырубках, причем лучший способ обработки здесь — это сдирание верхнего, напочвенного покрова; достаточно эффективна также посадка сеянцев в необработанную почву. В брусничных типах леса обработку почвы можно проводить плужными бороздами. Фрезерная обработка хотя и улучшает водно-физические свойства почвы в зоне посадочного пласта, однако здесь интенсивно развивается травянистая растительность, которая в последующем угнетает сеянцы. В кислых типах леса обработку почвы можно проводить плугами ПЛД-1,2 и

ПКЛ-70 с последующим рыхлением культиватором КЛБ-1,7 дисковыми батареями, установленными для работы всвал.

На вырубках с временным переувлажнением необходимо формировать микроповышения высотой 20—22 см, которые могут быть в виде пластов или гряд с дренирующими бороздами между пластами, с одной или двух сторон микроповышений. На свежих вырубках, еще не утративших своих оптимальных водно-физических свойств, обработку почвы можно не проводить, но в этом случае культуры следует создавать укрупненным посадочным материалом. На временно переувлажненных почвах в подзоне средней тайги высота микроповышений должна быть не меньше 22 см. В долгомошных и травяно-болотных типах леса с сырыми и избыточно увлажненными почвами их подготовку следует сочетать с одновременной простейшей мелиорацией.

Лучшим сроком посадки является весенний период. Чтобы удлинить сроки, выкопанный посадочный материал необходимо хранить в холодильных помещениях; кроме того, удлинить сроки позволяет использование сеянцев хвойных пород с закрытой корневой системой.

Способы посадки в значительной мере определяются типом условий местопроизрастания. На вырубках с сухими и свежими почвами посадку лучше производить в борозды, в неподготовленную почву и в расчищенные полосы, на вырубках с влажными почвами — в пласты и микроповышения. На старых вырубках, а также на свежих сильно зарастающих перспективный способ создания культур ели — посадка крупномерными саженцами. В этом случае исключается полностью или резко сокращается необходимость агротехнических уходов.

Интересные работы по комплексному использованию и воспроизводству лесных ресурсов проводятся в Финляндии. Разработанная программа интенсификации лесохозяйственного производства предусматривает значительное увеличение посадок леса, осушение и удобрение лесных площадей, строительство лесохозяйственных дорог, проведение ухода за лесом и др.

Большой рост объемов работ по воспроизводству лесных ресурсов наблюдается в Канаде. За период до 1966 г. здесь проведено лесовосстановление на площади 740,8 тыс. га, что составляет только 0,3% от площади продуктивных лесов, около 19% лесонасаждений создано на сельскохозяйственных землях в виде полевых защитных полос; 80% составляют культуры из хвойных пород (Cayford, Bickerstaff, 1964). В лесовосстановлении и облесении нелесных зе-

мель используют ель западную, сосну красную и белую, пихту бальзамическую, тополь каролинский и гибридный, клен сахарный, пихту Дугласову, хемлок западный, кедр и др. Посадки, как правило, начинают сеянцами с открытой корневой системой, а затем продолжают сеянцами с закрытой корневой системой, чаще всего в контейнерах.

Характерными особенностями лесовосстановления и лесоразведения в Англии являются высокая агротехника подготовки почвы и последующий агротехнический уход, что способствует ускоренному росту лесных культур. Почву обрабатывают механизированным способом методом глубокой вспашки с рыхлением и углублением подпахотного горизонта. В последние годы получила распространение нарезка борозд глубиной 22—45 см с расстоянием между ними 1,5 м и между растениями в борозде также 1,5 м. На вырубках с пнями, крутых склонах и скалистых участках, где невозможна плужная вспашка, проводят глубокую обработку почвы другими доступными средствами.

Тщательная подготовка почвы под лесные насаждения окупается более ускоренным и равномерным ростом лесных культур, снижением расходов на борьбу с сорняками и уменьшением опасности повреждения пожарами в первые годы жизни.

Большое внимание уделяется обрезке боковых ветвей и сучьев в растущих молодых культурах и насаждениях хвойных пород до высоты 1,3 м. На отборных деревьях в более старшем возрасте обрезают ветви и сучья до высоты 5—6 м. Рубки ухода проводят большой интенсивности, особенно начиная с возраста 20—25 лет, с выборкой максимального запаса без снижения общего прироста. Средний прирост ситхинской ели и пихты Дугласовой 18—27 м³, сосны обыкновенной около 8,5 м³. Культуры создают густотой 4,5—5 тыс. шт/га с последующим интенсивным прореживанием, за счет которого обеспечивается основное лесопользование.

В Швеции проведение лесовосстановления посевом семян почти не практикуется в связи с большим их расходом. Для этой цели разработаны специальные пакеты (10×10×1 см), покрытые с верхней стороны пленкой, где сделаны отверстия для закладки семян, а нижняя остается открытой. Такие пакеты раскладывают на заранее подготовленную почву; через нижнюю сторону обеспечивается их контакт, торфяной субстрат набухает и создаются необходимые условия для прорастания семян, а пленочное покрытие предохраняет их от заглушения травянистой растительностью. Однако основной объем лесовосстановления обеспечивается посадкой, преимущественно ручным способом с использованием специальных буров, мотыг и посадочных труб, которые обеспечивают посадку 1—1,2 тыс. шт. за рабочий день.

В связи с увеличением объемов лесовосстановительных работ возрастает необходимость в рубках ухода за лесом, которые являются важным этапом в формировании насаждений и общем процессе лесовыращивания, причем ясно выражено стремление к менее частому их проведению, но к увеличению процента выборки, концентрации работ.

В промышленно развитых странах большое развитие получило плантационное хозяйство. В странах Южной Европы, Африки, Латинской Америки, Австралии и Океании уже имеется больше 18 млн. га плантаций быстрорастущих древесных пород. Это объяс-

няется тем, что специализация на выращивание древесины оказывается весьма выгодной, так как достигается высокая продуктивность, облегчаются заготовки древесины в условиях организованного хозяйства и высокой концентрации древесины.

В Италии, импортировавшей лесоматериалы, перешли к созданию плантаций тополей, за счет древесины которых значительно покрывается дефицит древесного баланса. Большое внимание уделяется правильному выбору клона. Лучшим считался клон 214, дававший сильное, быстрое развитие и широкое применение. Это наиболее распространенный европейско-американский тополь, хотя не всегда с ровным стволом и удельным весом ниже, чем у белых канадских тополей. Создан ряд гибридов тополей, но многие из них дают древесину, непригодную для фанерной и спичечной промышленности. В последнее время большую популярность получил клон 488, перенесший длительное затопление в результате наводнения, когда все остальные тополя погибли; на его основе создан клон 488б, прародитель которого, клон 488в, в возрасте 16 лет имел высоту 31,5 м, а на уровне 2 м толщину 170 см, 4 м — 160 см, 10 м — 140 см и 16 м — 67 см. Тополевые плантации считаются удовлетворительными, если получают 40% отборных стволов на фанеру, 30% на пиломатериалы и 30% на бумагу. Плантации тополей создают по глубоко вспаханной и хорошо обработанной почве. В ямы глубиной 2 м (по возможности до уровня грунтовых вод) сажают 2-летние саженцы высотой 6—7 м, одновременно вносят удобрения. Такие плантации дают среднегодовой прирост более 40 м³/га. В целях рационального использования площади и выращивания специальных сортиментов в разных сочетаниях дерева вырубает специальной фрезой (буром), высверливают пень, вносят удобрения и высаживают новый саженец. Тополь требует большого количества удобрений. На ротацию за 12 лет на одно дерево расходуется: на образование древесины — кальция 247,3, калия 29,7 и фосфорного ангидрида 11,7 кг; на образование листьев — кальция 1562,4, калия 572,4 и фосфорного ангидрида 277,5 кг.

В СРР создают плантации тополей и древовидных ив, особенно на длительно затопляемых землях. По продуктивности ивы часто не уступают тополям. Созданный в Румынии Институт тополей и ив проводит районирование и отбор лучших видов, которые распространяют через свои питомники по всей стране. Почву готовят глубокой вспашкой в летний период для прогревания и аэрации. Считается, что главным элементом в жизни корней является воздух и в аэрированной почве они начинают быстро развиваться. Большое значение имеет наличие проточной воды. Глубоко вспаханная почва, доведенная до пористого состояния, при выпадении осадков легко напитывается влагой, которая по капиллярам проникает в нижележащие слои, не застываясь. Сплошная глубокая вспашка является важным условием успеха выращивания тополей. При вспашке вносят органические и минеральные удобрения, причем на всей площади и на разную глубину. Азотистые удобрения проникают в почву с просачивающейся по капиллярам водой, тогда как фосфорные и калийные задерживаются в более высоких слоях. При посадках тополей нормы внесения удобрений регулируют по результатам анализа почв. Лучшее размещение растений 4—5—6 м при рядовой посадке, в открытом поле — около 6 м. Посадку производят в ямки минимальной глубиной 90 см, но желательна глуби-

на до уровня грунтовых вод, чтобы на дно внести почву с верхних горизонтов и удобрения. Высаживают, как правило, 2-летние саженцы высотой 6—7 м. В свежей почве саженец тополя в год посадки легко выбрасывает новые корни по всей части стебля, находящейся в земле. Не рекомендуется высаживать 3-летние саженцы, так как к этому времени они достигают слишком большой высоты, оставаясь непропорционально тонкими, и, кроме того, очень требовательны к плодородию почвы. Хорошие результаты дают 1-летние саженцы на легких почвах. Для нормального развития культур большое значение имеет уход за почвой, особенно перепахивание под кронами деревьев. Обработка почвы в 3 раза повышает прирост. В первый год не требуется глубокая вспашка, так как можно повредить корни, находящиеся в это время очень близко к поверхности почвы; через год необходимо фрезерование или боронование дисковой бороной на глубину до 10 см. Последующий уход способствует большему приросту. На любой стадии развития тополя требуются полив и орошение, а в более старшем возрасте — и удобрение.

Большие работы по созданию интенсивных культур тополей проводят в Югославии. Как правило, культуры тополей создают по глубоко подготовленной почве лучшими сортами отборных саженцев, отличающихся быстрым ростом и высокой устойчивостью против вредителей и болезней. В качестве посадочного материала используют саженцы высотой около 7 м с обрезанными боковыми побегами; их высаживают в ямы глубиной от 80 см до 2 м в зависимости от условий местопроизрастания; расстояние между растениями 6—7 м. В первые годы междурядья используют под сельскохозяйственные культуры. Полив осуществляют в период наиболее сильного роста тополей, а уход за каждым предусматривает регулярную обрезку ветвей на 4- и 6-й годы. Рубку насаждений производят в возрасте 10—15 лет.

Значительный интерес к тополию проявляется в ГДР, где давно уже создан и работает специальный институт. В Турции Институт тополя ежегодно выращивает более 1 млн. отборных саженцев, которые высаживают вдоль каналов, дорог и сельскохозяйственных полей. Большие промышленные плантации тополей созданы в США в пойме р. Миссисипи. Применяя высокую агротехнику и систематические рубки ухода, там получают до 25 м³ среднего прироста на богатых почвах.

Требования богатых почв и внесение удобрений ограничивают применение тополей, даже в Италии на тополь приходится 26% и более 60% на хвойные: сосну лучистую и веймутову, а также пихту Дугласову. Хвойные насаждения создают почти во всех странах, а интенсивное плантационное хвойное хозяйство становится типичным в связи с все возрастающим спросом на эту древесину.

Сосна лучистая в плантационных насаждениях дает средний ежегодный прирост по высоте более 1,5 м. В порядке рубок ухода в 7-летнем возрасте получают балансы. Плантации сосны создают не только для получения древесины, но и для подсочки. В этом случае хозяйство ведут на живицу и за сезон получают в среднем 4 кг, а с отдельных деревьев до 6 кг. Подсочку в этом случае ведут не подготовкой карр, а своеобразными расширяющимися и углубляющимися с разных сторон дерева затесками по всему стволу на высоту 4—5 м. Древесину в этом случае не используют на химическую по-

переработку. Сосна лучистая нашла широкое распространение в плантационных насаждениях Чили, Колумбии, Перу, Боливии и Аргентины. В Аргентине испытано 16 видов сосны и для плантаций отобраны — сосна лучистая, Элльота и таеда. Сосна лучистая дает средний годичный прирост по высоте около 2 м и общую производительность по массе до 30 м³ в год. На орошаемых землях, вышедших из-под сахарного тростника, культуры плантационного типа сосны лучистой достигают максимальной производительности в 22 года, а оборот в них принят 24 года. По хорошо подготовленной почве высаживают 1-летние сеянцы — около 3 тыс. шт/га. При первом прореживании в 10—12 лет оставляют на 1 га 1,5 тыс. деревьев, получая при этом более 50 м³ балансов; при втором прореживании в 17 лет получают уже более 100 м³ лесоматериалов в виде пиловочника, строительного леса и балансов, оставляя на 1 га около 900 деревьев; всего при главной рубке и двух прореживаний получают 700—750 м³/га.

В Индонезии и Бирме создают насаждения тикового дерева, в Кении — насаждения сосны, в Бразилии полностью акклиматизировались эвкалипты, которые произрастают там не хуже, чем на своей родине в Австралии.

В насаждениях естественного происхождения встречаются быстрораствующие породы, однако растут они часто в неблагоприятных условиях и не дают большого прироста. Преимущество искусственных насаждений состоит в том, что их создают в освоенных местах (вблизи дорог и городов) и из наиболее хозяйственно ценных древесных пород. Такие насаждения одновозрастные, компактно расположены и удобны для эксплуатации. Быстрораствующие породы дают необходимую древесину в более короткие сроки: в 6—10 лет уже получают сырье для целлюлозно-бумажной промышленности, а в 20 лет — пиловочник и фанерное сырье.

Успешность проведения лесовосстановительных работ требует механизации производственных процессов. С. Э. Аппельрут (Финляндия) разработал специальную методику-анкету, которую разослали в страны Европы и Северной Америки, а также на предприятия, выпускающие машины и орудия для лесовосстановления. Заполненные анкеты поступили от 30 стран, на долю которых приходится около 1/4 лесной площади мира, и от 33 заводов-изготовителей с данными о производстве или продаже лесных машин в 1974 г. Собранные данные дают представление о том, какие страны проявляют в настоящее время заинтересованность в изучении трудовых процессов при посадке и посеве леса, а также о методах лесовосстановления и лесоразведения в этих странах. По обобщенным данным С. Э. Аппельрута (1974), за год площадь посадки в 29 странах составляет 2,88 млн. га, а площадь лесовосстановления посадкой на вырубках в 28 странах — 1,93 млн. га. Из представленных данных в 18 странах, где объем лесовосстановительных работ составляет более 80%, предполагается либо значительное увеличение посадки (в 6 странах, составляющих 20%), либо некоторое увеличение посадки (40% стран); в 37% стран объемы работ сохраняются примерно на прежнем уровне — 17% лесовосстановительных работ, при незначительном уменьшении объемов посадки на вырубках лишь в Японии. В ряде стран посадки леса проведены на площадях, где их никогда или длительное время не было (0,67 млн. га), причем в некоторых странах изменений не ожида-

ется, в четырех намечено значительное увеличение и в девяти — не большое; некоторое уменьшение объема работ по облесению методом посадки предполагается в Бельгии и значительное в Дании.

Ручной труд при посадках леса применяется во всех странах: в четырех (Бангладеш, Греции, Ирландии и Норвегии) — только ручной, в 17 — в основном, в семи — это обычный метод и лишь в двух — незначительно. Предполагается, что применение ручного труда значительно расширится лишь в Греции, незначительно в США, в 15 странах, на долю которых приходится половина общей площади посадки, будет сокращаться, а в 13, где объемы лесопосадочных работ составляют 21 %, — будет сохраняться на прежнем уровне.

Ручная посадка под мотыгу или кирку широко распространена в 63% стран, под лопату — в 36% стран. Основные способы ручной посадки — под мотыгу или кирку, под лопату, под лом, сажальный кол или клин. В 64% стран, где производится 87% объемов лесовосстановления и облесения, посадка под лопату не производится или производится очень мало. Посадка под лом, сажальный кол или клин — обычный способ или используется в основном в 43% стран, в 40% стран применяется незначительно и в 17% стран вообще не используется. Расширение этого способа предполагается лишь в 7% стран, значительное сокращение в 13% стран и останется этот метод на том же уровне — в 57% стран. В ряде стран применяют и другие способы ручной посадки: в Великобритании — трубчатое сажальное устройство, которым пробивают в почве отверстие, в Нидерландах — полукруглую сажальную лопату, в Скандинавских странах сеянцы с закрытой корневой системой, особенно в бумажных горшочках, высаживают с помощью сажальной трубки.

Механизированный способ посадки леса является основным в Советском Союзе и США, на долю которых приходится 51% общей годичной площади посадки из 30 обследованных стран; в 17% стран, на долю которых приходится 5% годичной площади посадки, этот способ обычный, в 60% стран применяется незначительно, а в 17% стран совершенно не применяется. В перспективе предполагается значительное или некоторое увеличение объемов механизированной посадки в 80% стран, на долю которых приходится 92% общего объема годичной площади посадки; в 17% стран они останутся на прежнем уровне и только в 3% стран несколько уменьшатся. Посадки леса осуществляются с помощью переносных или передвижных механических буров, наиболее широкое применение получивших в Швейцарии и некоторое в Югославии; в подавляющем большинстве стран они не используются совсем или используются незначительно. Считается, что их применение расширится лишь в Югославии и в некоторой степени в Австрии и Японии. Лесопосадочные машины с сошником коробчатого типа в зарубежной практике часто классифицируют как посадочные плуги, смонтированные на тракторе, а это в обобщенных материалах иногда приводит к искажению фактических данных по способам производства и типу применяемых машин.

Принцип работы различных посадочных машин примерно одинаковый, по типу наших лесопосадочных машин СБН-1 и ЛМД-1, но есть и такие, которые отличаются по принципу работы, например «Quick wood» («быстрый лес») австрийского производства. От других машин ее отличает прежде всего посадочный механизм вращательного типа, приводимый в действие гидродвигателем. Передняя

часть посадочного механизма снабжена режущей кромкой, а задняя — специальной грузовой площадкой с механическим управлением для саженцев, которые он передвигает смещающимся захватом. Посадочный механизм выходит из почвы сзади прижимных колес, проносит растение между ними вперед и освобождает его в месте посадки перед прижимными колесами, затем он проходит над почвой, возвращается в первоначальное положение и останавливается, в него вкладывают новый сеянец и зажим закрывается, а в момент посадки в нужном месте открывается автоматически и освобождает сеянец. Посадку выполняет один человек. Машина навешивается гидравлической навеской с трехточечным креплением на узкогабаритный колесный трактор с четырьмя ведущими колесами, приводится в действие через вал отбора мощности трактора. Рабочая скорость машины от 0,9 до 1,5 км/ч, емкость масляного бака гидросистемы 30 л, масса около 350 кг, длина 108, ширина 140 и высота 110 см, производительность 800—1200 саженцев в 1 ч в зависимости от условий работы и подготовленности почвы.

Различные посадочные машины («Робот», «Аккорд», «Хейдеми», «Кларке» «ТТС», «Стандарт», «Толне» и «Финифорестер»), применяемые в странах Западной Европы и Скандинавии, способны высаживать 1 тыс. саженцев в зависимости от подготовленности почвы и расстояния между посадочными местами (0,15—2,5 маш.-ч) с предварительной затратой времени на подготовку и посадку от 1,3—3,3 чел.-ч. Примерно такие же затраты времени требуются при использовании лесопосадочных машин на вспаханных террасах горных склонов при расстоянии между посадочными местами 1 м с размещением 2500 растений на 1 га.

На основе материалов о сдвиге лесного хозяйства в сторону интенсификации и данных о развитии лесной техники и общей организации лесозаготовок, а также с учетом реальных предпосылок возможных новых методов выращивания леса высказываются следующие положения. Интенсивное лесное хозяйство требует более короткого интервала времени между конечной рубкой и первым экономически выгодным прореживанием, а для этого необходимы немедленные и эффективные меры по лесовосстановлению с применением как можно более крупных с экономической и практической точек зрения саженцев (если нет естественного возобновления). Современные виды рубок леса приводят к большим участкам сплошной вырубki с незначительным, а иногда и с толстым слоем лесосечных отходов. В последнем случае лесосека зачастую остается необработанной, за исключением сжигания в определенных случаях. На свободных от порубочных остатков легких лесных почвах и на других легких объектах лесовосстановления возможно применение модифицированных и усиленных машин для посадки не очень больших сеянцев с открытой корневой системой. На лесосеках с большим количеством порубочных остатков в нормальных лесных массивах требуются другие типы посадочных машин и саженцев. Для получения высокой приживаемости при произвольном времени высадки крупные саженцы следует высаживать с закрытой корневой системой (в куске субстрата); целесообразно испытать зимнюю посадку с замороженным куском субстрата. В условиях, когда с биологической точки зрения предпочтительнее саженцы с закрытой корневой системой, для их индустриального производства больше подходят теплицы, чем обычные питомники. Превышение издержек

в этом случае компенсируется более высоким процессом выживания крупных саженцев и меньшими затратами физического труда.

Что касается посадочных машин, способных работать при наличии непереработанных порубочных остатков и валунов, то к ней предъявляются следующие требования: высокая проходимость (использование на 60—70% лесной площади); наличие двух взаимно независимых сошников и способность обеспечивать выбор момента посадки саженца в направлении движения (в начале посадку должен осуществлять человек); наличие удобных и безопасных рабочих мест для обслуживающего персонала; минимальная 2-часовая погрузочная мощность; производительность — примерно 6000 саженцев в смену; способность высаживать даже очень большие саженцы. В соответствии с этими требованиями и была создана навесная лесопосадочная машина. Сошник управляется гидроцилиндрами и пружинами, приводится в рабочее положение управляемым ногой клапаном. Риск при быстрой езде устраняется за счет того, что геометрия сошника обеспечивает автоматический пропуск, когда сопротивление местности превышает крайний предел перепускного клапана. Максимальная скорость варьирует в зависимости от условий местности от 900 до 1500 м/ч. Лучшие результаты получают при посадке саженцев высотой более 30 см с комком субстрата около 400 см³.

В Финляндии из 14 типов использовавшихся или испытанных лесопосадочных машин наибольшее признание получила машина «Мара», специально сконструированная для облесения открытых торфяных площадей. Ее длина 2,2, ширина 2,45 и высота 2,3 м, масса 800 кг; имеется четыре ящика для удобрений емкостью по 75 кг; возможное расстояние между рядами 1,65 м; расчетная производительность 800—1500 м/ч, за 8-часовой рабочий день высаживает 5—8 тыс. сеянцев. В целях создания условий для роста и развития саженцев на осушенных открытых торфяных болотах плугом-канавокопателем прокладывают канавы глубиной 50 см, шириной сверху 50 и внизу 20 см; посадку производят в перевернутый пласт с обеих сторон канавы. При этом вносят на каждый сеянец 30 г удобрения, для обеспечения дополнительного питания, когда разрастается корневая система, на расстоянии 25—30 см от сеянца растянутой строчкой также вносят удобрение; для этого во время посадки сеянца нажимают педаль.

В ряде стран при лесовосстановительных работах применяют смонтированные на тракторах буры-ямокопы, особенно в случае посадки крупномерных саженцев, например тополей на участках с глубоким залеганием грунтовых вод (в СФРЮ и Италии). В ФРГ, СРР и СФРЮ используют различные виды лесопосадочных машин, которые проделывают посадочные отверстия ударом, давлением или рытьем. В Канаде ведутся разработки принципиально нового типа лесопосадочной машины, способной работать в условиях нераскорчеванных или не в полной мере очищенных от порубочных остатков вырубок. В нашей стране разработана лесопосадочная машина ЛТУ-1, которую можно использовать в любых условиях — на предварительно подготовленной почве.

Посев леса находит применение в 70% стран, хотя площади посева не превышают 20% площадей посадок, и осуществляется в основном ручным способом. В США используют циклонные сеялки производительностью 1—2 га/ч. Посев местами с применением ма-

нии осуществляют в Канаде, Югославии и ПНР. Аэросев с самолетов и вертолетов применяют в Канаде, СРР, СССР, США и Италии.

Глава VII

ГУСТОТА ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР

От первоначальной густоты культур зависят рост и развитие насаждений на разных этапах жизни, возможные сроки смыкания, необходимое число и сроки проведения уходов, возможная продуктивность насаждений, а также их устойчивость к биотическим и абиотическим факторам и в конечном счете экономическая эффективность. На большое значение сомкнутости насаждений указывали основоположники отечественного лесоводства А. А. Нартов, А. Т. Болотов, Е. Ф. Зябловский, И. С. Шафранов, В. Д. Огиевский, М. К. Турский, Г. Ф. Морозов, Н. С. Нестеров. Влияние густоты лесных культур на их производительность и качество изучали Я. С. Медведев, Г. Р. Эйтинген, П. С. Кондратьев, С. А. Самофал, В. П. Тимофеев, Б. И. Гаврилов, В. Н. Овсянкин и Ю. П. Савич, В. И. Рубцов и др.

Анализируя таблицы хода роста, Я. С. Медведев (1910) пришел к выводу, что по мере увеличения густоты рост в высоту сначала убыстряется, а затем замедляется, следовательно, максимальный прирост в высоту соответствует определенной оптимальной густоте. И. И. Глущкий (1957) подчеркивал, что густоту посадки следует устанавливать с учетом условий местопроизрастания; большая первоначальная густота приводит к необходимости проведения дорогостоящих рубок ухода в раннем возрасте. Н. П. Георгиевский (1960) густоту культур ставил в зависимость от цели создания культур: повышение приживаемости, наибольший средний диаметр, запас в определенном возрасте, общая производительность, хорошее очищение от сучьев и др. Культуры пониженной густоты должны обеспечить высокий запас главного пользования, но не могут дать древесины высокого технического качества.

Ф. Н. Харитонович (1961) отмечал, что энергию роста одновозрастного насаждения обуславливают в первую очередь размеры диаметра и класс роста деревьев. Чем выше таксационные показатели одновозрастного насаждения, тем длиннее период его роста и выше энер-

гия роста на протяжении вегетационного периода, а следовательно, и текущий прирост. По его данным, продолжительность роста 19—21-летних культур сосны в Подмоскowie составляет у деревьев I класса роста 113 дней, II — 96, III и IV — 55 дней.

Х. М. Исаченко (1957) установил в Савальском лесхозе Воронежской области лучший рост густых культур до 8 лет, но к 16-летнему возрасту они потеряли свое преимущество перед редкими культурами по размерам средних деревьев и общему состоянию. В 36-летнем возрасте густые и редкие культуры в Судогодском лесхозе Владимирской области существенных различий по высоте не имели, а средний диаметр и запас древесины в редких культурах были даже выше.

Э. Лаас (1960) при изучении роста сосны в культурах разной густоты в Эстонской ССР установил, что при первоначальной густоте 20 тыс. шт/га до 6—7-летнего возраста деревья хорошо росли в высоту, а в дальнейшем их прирост стал заметно ниже, чем в редких культурах. На худший рост густых культур в Пензенской области указывал В. Ф. Лебков (1961). А. И. Фадин (1958) пришел к выводу, что наибольшую среднюю высоту до 8-летнего возраста имели густые культуры ели, с 8- до 20-летнего возраста — культуры средней густоты, а с 20-летнего — редкие. Для получения в короткий срок крупномерной древесины следует создавать редкие культуры и выращивать насаждения густотой 1,5—2 тыс. шт/га (Юновидов, 1951; Исаченко, 1957).

В. П. Тимофеев (1954) указывал, что оптимальная густота посадки в разных географических и почвенных условиях для разных пород должна быть различной в зависимости от технологии и режима выращивания. Ссылаясь на опыт культур лиственницы различной густоты, он подчеркивает, что рост и развитие очень густых культур без своевременного разреживания насаждений сильно задерживаются, в результате чего снижается общий прирост, хозяйственная продуктивность в целом. В густых посадках по сравнению с более редкими с возрастом снижается средний диаметр, а запас и общая продуктивность сначала увеличиваются, затем выравниваются и, наконец, падают.

Первоначальную густоту следует определять отдельно для каждого конкретного участка. Ее увеличение яв-

ляется мерой для резкого сокращения дополнений. Даже при значительном и неравномерном отпаде в густых культурах остаются хорошо сохранившиеся участки, в которых всегда можно брать материал для дополнений и даже с комом земли. В настоящее время уменьшение первоначальной густоты объясняется тем, что это снижает стоимость создания лесных культур и позволяет позднее проводить рубки ухода; при ранних рубках выбираемая древесина имеет низкий спрос, т. е. такой уход нерентабелен. Основным критерий первоначальной густоты — целевое назначение древостоя с учетом условий местопроизрастания, возможностей проведения рубок ухода и сбыта древесины, а также максимального количества древесины в возрасте главной рубки при минимальных затратах.

В. И. Рубцовым (1975) весной 1953 г. были заложены опытные культуры различной густоты на участке из-под сельскохозяйственного пользования в Левобережном лесничестве Учебно-опытного лесхоза ВЛТИ, в которых на протяжении 18 лет проводились детальные наблюдения. Посадки проведены по хорошо подготовленной почве (свежая слабоподзоленная супесь с гумусовым горизонтом темно-серого цвета мощностью 17—19 см), густотой 5, 10, 15, 20, 30 и 40 тыс. шт/га. В последующем культуры не дополняли, в год посадки провели три ухода, а на следующий год — два легких рыхления мотыгами. Анализ полученных результатов показывает, что смыкание культур наступает в различные и прямо зависящие от густоты сроки — при 40 тыс. — к концу 4-го года, 15—30 тыс. — к концу 5-го, 10 тыс. — на 6-м, а 5 тыс. — на 9—10-м году; смыкание корней происходит, как правило, на 1—2 года раньше. После смыкания культур все большую роль начинает играть взаимное влияние растений: конкуренция за свет, влагу и питательные вещества. К 18-летнему возрасту с увеличением густоты от 5 до 40 тыс. шт/га отпад возрастает от 25,5 до 41 %, или более чем в 1,5 раза.

Изучение влияния густоты сосновых культур в 10—13-летнем возрасте на рост надземной и подземной частей в УССР показало, что увеличение густоты ухудшает развитие корневых систем и уменьшает их массу. При размещении $1 \times 0,5$ м масса корней на 1 м^2 междурядья составила 965 г, а при размещении 1×1 м — 1576 г. Бо-

лее 70% всех корней сосны сосредоточено в верхних слоях почвогрунта до глубины 30 см.

В опытных посадках В. И. Рубцова (1975) влияние густоты начинает заметно сказываться уже на 6-м году, к 10-летнему возрасту увеличение густоты посадки от 5 до 40 тыс. шт/га приводит к снижению средней высоты насаждения на 19 и к 18 годам на 24%; средний диаметр с 6-летнего возраста снижается почти в 2,5 раза, а с возрастом разница все больше увеличивается. Диаметр деревьев гораздо быстрее и резче реагирует на увеличение густоты насаждения, чем высота. В крайних вариантах 18-летних опытных посадок с увеличением густоты насаждения в 8 раз снижение средней высоты составило лишь 28%, а среднего диаметра 53%. Еще в большей мере густота влияет на средний объем ствола: к 10-летнему возрасту он уменьшился в 5 раз. Прирост по средней площади сечения ствола в самых густых посадках в 16—18 лет почти в 3 раза меньше, чем в предшествующие 5 лет, и почти в 9 раз, чем в самых редких культурах. Прирост по объему среднего ствола в этом возрасте в 5 раз меньше, чем в предшествующие 5 лет, и в 10 раз, чем в самых редких посадках. Самые густые посадки в 16—18-летнем возрасте не увеличили запаса стволовой древесины, и он оказался почти в 3 раза меньше запаса самых редких культур. Густые культуры сильно пострадали от снеголомов.

Таким образом, наблюдения за 18 лет показали, что для нормального развития самых густых культур недостаточно влаги, питательных веществ и света, их производительность резко сокращается. Каждому возрасту насаждения соответствует своя оптимальная для данных условий густота: крайности в любом случае приводят к снижению естественной производительности насаждения. Оптимальная густота культур зависит от выбора густоты посадки, а в дальнейшем — от рубок ухода.

Классический пример редких культур — Линдуловская роща в Ленинградской области, которая создана посадкой лиственницы при размещении 552 саженцев на 1 га и дала общий запас в возрасте 216 лет более 1600 м³/га при хорошем очищении от сучьев и длине живой кроны около 1/3 высоты ствола. Примером высокопроизводительных насаждений могут служить также культуры ели различной густоты, созданные К. Ф. Тюр-

мером на Смоленско-Московской возвышенности (Мерзленко, 1972). В возрасте 67—70 лет в типе леса ельник-кисличник при первоначальной густоте 2,5 тыс. шт/га и размещении 4×1 м 845 деревьев имели среднюю высоту 28 м, средний диаметр 27,7 см и запас стволовой древесины 637 м³/га; при первоначальной густоте 3,57 тыс. шт/га и размещении $1,7 \times 1,65$ м к 70-летнему возрасту сохранилось 1070 деревьев средней высотой 23,5 м, диаметром 22,6 см и запасом стволовой древесины 531 м/га; при первоначальной густоте 3,96 тыс. шт/га и размещении $1,6 \times 1,6$ м сохранилось 936 деревьев средней высотой 25,3 м, диаметром 22,7 см и запасом стволовой древесины 473 м³/га.

Сравнение трех участков с различной первоначальной густотой показывает, что более редкие культуры дали лучшие результаты по высоте, диаметру, запасу стволовой древесины и распределению деревьев по ступеням толщины.

Рост 84-летних культур ели I класса бонитета изучали по способу пропорционально-ступенчатого представления модельных деревьев и статистическими методами по возрастным периодам (Мерзленко, 1972). По результатам анализа было выяснено, что наименьшая дифференциация по высоте и диаметру наблюдается в возрасте деревьев 30—70 лет. В сравнении с естественными древостоями Московский области средние диаметры культур выше; в 20 лет — на 35%, в 40 — на 31 и в 60 — на 10%. Средняя высота культур превышает среднюю высоту естественных насаждений в 20 лет на 32%, в 40 — на 24, в 60 — на 13 и в 80 — на 9%.

По данным С. Л. Мойрова (1968), изучавшего продуктивность чистых еловых культур 55—63-летнего возраста в Калужской и Тульской областях, в зависимости от густоты прирост в редких посадках значительно больше, чем в густых. В густых культурах расстояние между рядами 1,3—2,3 м и число посадочных мест 4,5—7,7 тыс. шт/га, в редких соответственно 3,5—5 м и 1,25—3 тыс. шт/га. К 60-летнему возрасту в густых насаждениях выход деловой древесины составил 87, а в редких 86,9%, однако в последних выход пиловочника был на 13% выше. Общая стоимость среднего запаса деловой по действующим в то время таксам для отпуска леса на корню в редких насаждениях составила 862,2 и в густых

695,5 руб/га. Если учесть, что стоимость редкой посадки ели в 1,5—2 раза дешевле, то ее преимущество очевидно. К тому же густые насаждения менее устойчивы к напению гнили и ветровалам и под их пологом отсутствует естественное возобновление.

В Белоруссии продуктивность 50-летних редких чистых культур ели, заложенных на старопашотных землях при густоте посадки 1,25 тыс. шт/га и размещении $2,84 \times 2,84$ м, оказалась на 16% выше, чем в тех же условиях в густых посадках при числе посадочных мест 5 тыс. шт/га и размещении $1,42 \times 1,42$ м (Киселев, 1964).

Для юга Карельской АССР рекомендуются рядовые посадки сосны густотой 4 тыс. шт/га в черничных типах леса и 5,5 тыс. шт/га в брусничных, однако при использовании крупномерного посадочного материала количество высаживаемых растений при 100% сохранности может быть уменьшено на 30% во всех типах вырубок, т. е. до 2,5—3,35 тыс. шт/га (Синькевич, Шубин, 1969).

В. В. Огиевский (1960) предлагает в северо-западных районах зоны тайги густоту лесных культур уменьшать в расчете на естественное возобновление, однако при этом должно обеспечиваться достаточное количество главной породы в верхнем ярусе: 500 шт/га, но первоначальное число высаживаемых растений он рекомендует 1000—1500 шт/га, а при отсутствии уверенности в успешности возобновления — 2—3 тыс. шт/га. В зависимости от применяемой технологии подготовки почвы он рекомендует различное размещение. Для ели при использовании 2-отвальных плугов и возможности естественного возобновления расстояние между бороздами возможно 8 м, при отсутствии возобновления — 4 м с последующей посадкой в каждый пласт в первом случае 1,25 и во втором 2,5 тыс. шт/га; при использовании 1-отвальных плугов расстояние между бороздами может быть 6 м, размещение в ряду — через 1,5 м, т. е. 1,4 тыс. шт./га, а при необеспеченности естественного возобновления — 2,1 тыс. шт/га. При посадке в площадки и холмики, приготовленные экскаватором или ручными орудиями, когда посадочные места не имеют правильного размещения, их число на 1 га в зависимости от условий может быть от 1,4 до 2,1 тыс. с расстоянием между площадками 6 м и в рядах через 1—1,5 м, на свежих рубках без предварительно подготовленной

почвы расстояние между рядами может быть 4 м и в ряду 1—2 м, т. е. 1,25—2,5 тыс. шт/га.

В лесной зоне целесообразно создание лесных культур небольшой густоты. П. С. Кондратьев (1959) рекомендует густоту посадки сосны 4—5 тыс. шт/га, Х. М. Исаченко (1957) — 3—4, а А. М. Пинчук (1961) — 4—8 тыс. шт/га.

В целях выращивания высокосортной древесины Н. А. Юрре (1954) рекомендует дифференцированную первоначальную густоту посадки лесных культур на вырубках зоны тайги в зависимости от условий местопроизрастания с ориентированием на бонитет для Ia класса бонитета — 5,7 тыс. шт/га, для I — 6,8, II — 8,3, III — 10,7 и IV — 15,3 тыс. шт/га. Для получения в короткий срок крупномерной древесины рекомендуется первоначальная густота 1,5—2 тыс. шт/га (Юновидов, 1951).

Как видно из приведенного обзора, рекомендации по густоте культур различны и противоречивы, что вызывает необходимость более детального рассмотрения. Появившиеся новые средства вычислительной техники и методы математического моделирования протекающих процессов позволяют рассмотреть более широкий круг вопросов — от биогеофизических представлений на основе анализа дифференциальных уравнений до табличных моделей роста и развития насаждений, с тем чтобы получить количественное выражение густоты, опираясь на какой-либо критерий оптимальности.

В Австрии выполнено моделирование для анализа и оценки различной густоты посадки еловых культур (Johann, Pollanschutze, 1974). Для моделирования была взята густота посадки 7,5; 5 и 2,5 тыс. шт/га, причем было принято, что культуры создаются 3-летними перешколенными саженцами ели с последующим уходом, охраной от повреждений дикими животными и рубками ухода с таким расчетом, чтобы сокращение числа стволов к определенному возрасту соответствовало заданному количеству их на единицу площади. Во всех случаях уход проводится по низовому методу с выборкой тонкомерных деревьев и оставлением равномерно по площади лучших экземпляров.

Для каждой густоты рассматривались варианты А и Д; для густоты 2,5 тыс. шт/га варианты Н, К, М и для густоты 7,5 и 5 тыс. шт/га вариант Е. Вариант А во всех моделях характеризует процесс естественного отпада при нормальных условиях; в варианте Д активное вмешательство предусмотрено впервые в возрасте 35 лет (стадия жердняка), когда средняя высота насаждений достигает 14—15 м. При рубках ухода в этом возрасте ставится задача не допустить резкого разреживания, поэтому при большей гу-

стоте остается большее количество растений на 1 га. Последующие приемы предусматриваются через 10 лет. К возрасту 85 лет оставляется конечное количество 600 шт/га, а при первоначальной густоте 2,5 тыс. шт/га это количество достигается уже к 75-летнему возрасту. В варианте Е для густоты 7,5 и 5 тыс. шт/га предусматриваются значительная выборка деревьев в возрасте 15 лет, рубки ухода в 35 лет в повторности через 10 лет; к 65—75-летнему возрасту должно быть 600 шт/га. Варианты Н и К для густоты 2,5 тыс. шт/га предполагают начало рубок ухода в 25 лет, так как считается, что при такой густоте рост не замедлится до стадии жердняка; в последующем — рубки ухода разной интенсивности и интервалов; в 75-летнем возрасте конечное количество стволов должно быть 400—500 шт/га. В варианте М первый прием рубок ухода предусмотрен в возрасте 50 лет, с тем чтобы к 75-летнему возрасту двумя интенсивными прореживаниями довести до конечного результата — 600 шт/га.

Дальнейшие расчеты и вычисление основных таксационных характеристик проведены с использованием специально перестроенных для моделирования таблиц хода роста, при этом за основу взяты первоначальное количество стволов и остающееся их число в определенном возрасте. Программа была рассчитана на моделирование эффективности ухода по лизовому методу с получением большого количества таксационных показателей (табл. 22).

Полученные при моделировании результаты совпадают с данными о ходе роста лесных культур в высоту, проверенными на опытных участках. Хотя модель А в практическом лесоводстве не может быть использована, так как выращивание насаждений без рубок ухода приводит к притуплению прироста и снижению устойчивости, однако сравнение моделей А для различной густоты показало, что при редком размещении ель растет быстрее. К 100-летнему возрасту максимальная и средняя высоты оказались больше в редких посадках, как и диаметры, причем прирост по диаметру значительно превышал относительные показатели роста в высоту. Меньшая густота привела к большей производительности насаждений к возрасту спелости. Более раннее проведение рубок ухода способствовало повышению общей производительности густых насаждений. Из всех рассмотренных моделей наивысшую производительность по ликвидной древесине обеспечивают редкие посадки при слабых и умеренных рубках ухода.

Расходы при исходном числе саженцев 7,5; 5 и 2,5 тыс. шт/га составили: на закладку культур соответственно 19,5; 12 и 6,4 тыс. австр. шиллингов и на уход 8,3; 6 и 3,3 тыс. австр. шиллингов. Экономический анализ показал, что разреженные древостои во всех моделях дают лучшие результаты в связи с меньшими расходами на создание и уход за ними и больший доход при главном пользовании. Если эффективность редких культур принять за 100%, то культуры средней густоты оказались на уровне 77—79%, а густые — 67—71%.

По данным наших исследований (Калиниченко и др., 1973), проведенных в культурах лиственницы различных густоты и размещения в лесхозах Тульской области, редкое размещение дало лучшие результаты как

22. Таксационные показатели моделей в возрасте 100 лет

Исходное число ствол	Модель	Древостой, остающийся на корню						Показатели по древостой, предназначенной к рубке				Общая производимость, м³	
		средняя высота крупных деревьев на 1 га, м	высота среднего диаметру дерева, м	средний диаметр на высоте 1,3 м, см	число стволов на 1 га	запас, м³/га	объем среднего дерева, м³	естественный отпад	активное порожнее	объем среднего дерева	по массе	объем среднего дерева	
7500	А	31,3	28,0	32,2	741	791	1,07	310	—	0,046	1101	0,147	
	Д	31,6	28,9	33,8	600	731	1,22	86	280	0,053	1097	0,146	
	Е	32,5	29,9	36,0	600	856	1,43	—	292	0,042	1148	0,153	
5000	А	31,5	28,2	32,5	744	817	1,10	329	—	0,077	1146	0,229	
	Д	31,9	29,3	34,6	600	773	1,29	35	354	0,088	1162	0,232	
	Е	33,2	30,6	37,6	600	949	1,58	—	232	0,053	1181	0,236	
2500	А	32,2	28,9	34,1	744	919	1,24	364	—	0,207	1283	0,513	
	Д	33,1	30,4	37,3	600	933	1,56	—	338	0,178	1271	0,508	
	Н	33,8	31,6	39,8	500	914	1,83	—	283	0,142	1197	0,479	
	К	34,1	32,4	41,6	400	811	2,03	—	333	0,158	1144	0,458	
	М	32,7	30,1	36,5	600	883	1,47	30	350	0,203	1269	0,508	

по высоте и диаметру, так и по общей производительности. На темно-серой лесной суглинистой почве при размещении 5×1 м к возрасту 65 лет сохранилось 387 деревьев со средними высотой 27 м, диаметром 31,5 см и общим запасом $412 \text{ м}^3/\text{га}$, а с учетом деревьев липы, дуба, клена, березы и ясеня общий запас составлял $494,4 \text{ м}^3/\text{га}$. В этих же условиях при размещении $3,5 \times 1,2$ м к возрасту 65 лет сохранилось 266 деревьев лиственницы со средними высотой 26,5 м, диаметром 33 см и общим запасом $319 \text{ м}^3/\text{га}$, а при размещении $2,7 \times 0,7$ — лишь 125 деревьев в среднем высотой 28,2 м, диаметром 33 см и общим запасом $152 \text{ м}^3/\text{га}$ (табл. 23, 24).

23. Продуктивность культур лиственницы, созданных на не покрытых лесом площадях при различной густоте (тип условий местопроизрастания Д₂)

Возраст, лет	Размещение, м	Количество деревьев на 1 га		Сохранность, %	Средние		Запас, $\text{м}^3/\text{га}$
		высажено	сохранилось		высота, м	диаметр, см	
59	$1,4 \times 0,7$	10000	1218	12,1	26,0	22,0	507
65	$1,4 \times 0,7$	10000	985	9,8	25,4	23,4	474
80	$2,1 \times 0,6$	6260	628	10,2	26,3	29,0	720
60	$1,7 \times 1,2$	5300	945	17,8	24,7	23,9	497
76	$2,0 \times 0,8$	5000	645	12,5	30,0	31,2	639
80	$2,5 \times 1,0$	4000	1100	27,5	25,0	23,4	577
47	$2,5 \times 1,0$	4000	644	16,0	27,6	26,1	454
56	$4,0 \times 1,0$	2500	995	39,9	25,6	28,0	696
66	$3,0 \times 0,75$	2000	592	29,6	29,5	29,9	625

Из приведенных в табл. 23 данных видно, что при первоначальной густоте посадки 10 тыс. шт/га сохранилось 985—1218 деревьев, а при 4—5 тыс. шт/га — 600—800. При редком размещении увеличивается площадь питания, поэтому средний диаметр был на 4—5 см больше и запас почти идентичным: 454—696 $\text{м}^3/\text{га}$ в наиболее редких культурах и 474—507 $\text{м}^3/\text{га}$ в самых густых. Данные табл. 24 показывают, что к 60-летнему возрасту как густые, так и редкие культуры ели имели примерно одинаковый запас, хотя уменьшение густоты

24. Влияние первоначальной густоты культур ели на рост и развитие

Возраст, лет	Размещение, м	Количество деревьев на 1 га		Сохранность, %	Средние		Класс бонитета	Сумма площадей се-чения, м²/га	Запас, м³/га
		высажено	сохранилось		высота, м	диаметр, см			
58	1,3×1,0	7700	1318	17,1	20,0	19,2	I	38,07	380
58	1,5×1,0	6600	1075	16,3	21,5	21,9	I	40,63	435
60	1,5×1,0	6600	1110	16,8	22,0	21,2	I	39,10	435
58	1,5×1,0	6600	1248	18,9	20,5	21,0	I	42,80	432
59	1,4×1,4	5000	937	18,7	22,3	22,5	I	37,50	414
62	2,0×1,0	5000	1063	21,3	21,4	21,9	I	39,98	426
59	2,0×1,0	5000	883	17,7	23,0	23,5	I	38,40	439
60	2,2×1,0	4540	1063	23,4	22,4	21,5	I	38,46	435
55	2,1×1,0	4760	1237	26,0	22,4	20,3	I	40,01	458
63	2,1×1,4	3400	702	20,6	25,7	27,1	Ia	40,46	512
59	4,3×0,7	3300	904	27,4	23,0	24,4	I	42,05	478
59	4,0×1,0	2500	704	80,3	25,4	25,7	Ia	36,54	450
60	4,3×1,0	2320	632	27,3	27,7	26,0	Ia	38,22	480
57	4,0×1,0	2500	696	27,9	26,0	26,8	Ia	39,37	510
58	5,0×1,0	2000	655	32,7	26,7	28,7	Ia	42,36	540
60	4,0×2,0	1250	635	50,8	24,3	28,1	Ia	39,59	457
59	3,5×2,4	1200	715	59,6	21,0	26,9	Ia	40,68	466

до 2—2,5 тыс. шт/га способствовало увеличению высоты и запаса насаждений. Уменьшение первоначальной густоты до 1,2—1,25 тыс. шт/га привело к некоторому снижению средней высоты при увеличении среднего диаметра и некоторому уменьшению общего запаса в сравнении с культурами густотой 2—2,5 тыс. шт/га, хотя самые редкие культуры имели относительно больший запас, чем самые густые. Это обусловлено тем, что сохранность ели в густых культурах составила всего 16—18%, а в редких 50 и даже 59%, т. е. в густых культурах шел интенсивный процесс отмирания, а в редких — медленный. При первоначальной густоте 6,5—7 тыс. шт/га к 60-летнему возрасту сохранилось примерно 1000—1200 деревьев, при 3—5 тыс. шт/га — 700—900 и при 1,2—3 тыс. шт/га — 600—700 деревьев, т. е. сохранность соответственно составила 16—18, 20—25 и 30—50%. В редких культурах общий запас увеличивался за счет значительно большей полндревесности.

Однако нельзя считать, что расстояния между рядами культур можно увеличивать на вырубках беспречно. Исследования культур лиственницы в возрасте 60—70 лет на темно-серых лесных почвах показали, что при размещении посадочных мест $2,7 \times 1,2$ м лиственница вытеснила из состава насаждения другие сопутствующие породы и сформировалось чистое насаждение с запасом в 60 лет $585 \text{ м}^3/\text{га}$. На участке размещением $4 \times 1,2$ м лиственница вытеснила в основном лиственные породы, но сформировалось смешанное насаждение с запасом $412 \text{ м}^3/\text{га}$, хотя с учетом лиственных пород в междурядьях общий запас составил $493,9 \text{ м}^3/\text{га}$. При размещении $8,2 \times 1,2$ м запас лиственницы составил только $132 \text{ м}^3/\text{га}$. Таким образом, чрезмерное расширение междурядий даже при наличии сопутствующих пород не может компенсировать недостающую часть запаса.

Подводя некоторые итоги рассмотрения культур различной густоты, можно сделать вывод, что чистые культуры ели при первоначальной густоте 5—7 тыс. шт/га по показателям продуктивности не имеют преимуществ перед одновозрастными культурами с первоначальной густотой 1,2—3 тыс. шт/га. Аналогичная картина наблюдается при сравнении густых и редких культур лиственницы. Продуктивность редких культур ели и лиственницы остается высокой при условии, если расстояние между рядами на вырубках и не покрытых лесом площадях не превышает 5 м.

Результаты анализа средних моделей хода роста культур по высоте и диаметру показывают, что влияние густоты начинает сказываться на интенсивности прироста сначала по диаметру, а затем и по высоте по мере смыкания полога (рис. 15, 16). Уменьшение прироста по диаметру после смыкания полога принято считать закономерным явлением, так же как и то, что после смыкания густота культур должна способствовать формированию более высоких деревьев. Однако анализ моделей показывает, что после смыкания притупляется и прирост в высоту, а это указывает на нарушение условий роста и развития насаждений.

В естественных насаждениях при большой густоте идет процесс дифференциации, где густота определяется

и регулируется светом, а почвенные условия в большей или меньшей степени способствуют этому. Сильно затененные древесные растения не получают достаточного количества солнечных лучей, у них нарушается обмен веществ, что приводит к сильному ослаблению организма.

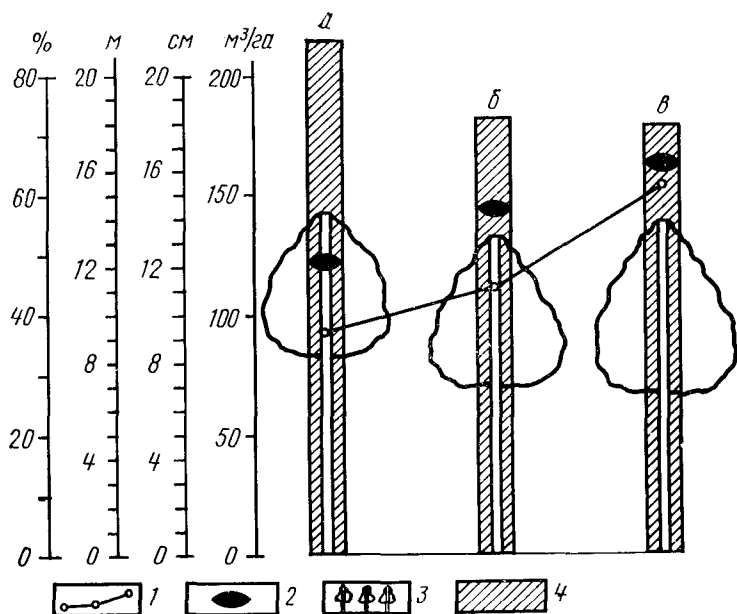


Рис. 15. Рост и сохранность 25-летних культур сосны в зависимости от первоначальной густоты:

a — 1,5×1 м, 6 тыс. шт/га; *b* — 2,5×1 м, 4 тыс. шт/га; *v* — 2,5×2 м, 2 тыс. шт/га; 1 — сохранность; 2 — диаметр; 3 — высота; 4 — запас

Незатененные экземпляры растут и развиваются значительно лучше и выходят в первый ярус. В дальнейшем, попав под еще большее затенение вследствие более быстрого развития лучших экземпляров, отставшие в росте не получают даже минимально необходимого количества света и питательных веществ, что вызывает расстройство фотосинтеза, прекращение обмена веществ и полное отмирание всего организма.

В искусственно создаваемых насаждениях мы как бы выравниваем условия существования, поэтому когда они доходят до критического уровня необходимых ус-

ловий, процесс дифференциации в силу выравненных условий проходит гораздо сложнее, что неизбежно приводит к общему ослаблению. В связи с этим густота при искусственном лесовосстановлении играет несколько другую роль. Создавая определенную густоту, мы сразу же стараемся получить нужные нам условия роста и развития для определенного периода, а проведением мер

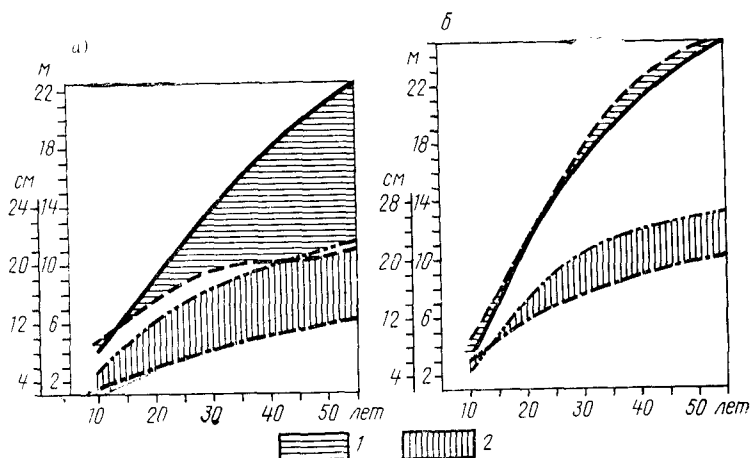


Рис. 16. Ход роста смешанных культур в Истринском лесхозе:

а — при ширине междурядий 1,5 м (Филатовское л-во); б — то же, 3 м (Воронцовское л-во); — высота сосны; ... диаметр; - - - высота ели; — диаметр; 1 — разность в интенсивности прироста в высоту; 2 — то же, в диаметре

ухода способствуем быстрейшему получению желаемого результата, ускоряя с самого начала ход естественного процесса. Проведением уходов мы нарушаем естественный ход биологического процесса, создавая необходимые условия для нужных нам деревьев. Эти условия ведут к перестройке работы каждого организма и в целом насаждения, а если они совпадают с ходом биологического процесса, тогда рост и развитие насаждений ускоряются. Следовательно, своевременно проведенные лесохозяйственные мероприятия оказывают положительное влияние на ход биологического процесса: ускоряют рост и развитие насаждений. Если же уход своевременно не проведен, большая густота приводит к дефициту питательных веществ, ослаблению прироста и

угнетенные деревья оказывают отрицательное воздействие на рост более развитых. В этом случае средняя высота деревьев гораздо меньше, чем в редких культурах, а в более жестких условиях они даже ниже на один класс бонитета.

Таким образом, большая первоначальная густота приводит к снижению средней высоты и среднего диаметра деревьев и торможению их роста и развития. За счет самоизреживания разница в густоте лесных культур постепенно сглаживается и после 40-летнего возраста постепенно утрачивается, хотя остаточные явления сохраняются. Первоначальная оптимальная густота лесных культур должна определяться целью хозяйства, условиями местопроизрастания, географическим районом и материально-техническими возможностями хозяйства. Оптимальные густота, сомкнутость полога и величина кроны обеспечивают оптимизацию всех основных таксационных показателей: диаметра, высоты и запаса, приживаемости, смыкания крон, продуктивности. Однако можно говорить обо всех этих показателях применительно к определенным критериям и в конкретном возрасте.

При большой густоте насаждения по мере увеличения размера деревьев постепенно меняются потребности каждого дерева в почвенном и световом питании. Недостаток света, питательных веществ и влаги сказывается прежде всего на росте мелких деревьев, имеющих меньшую крону и более слабую корневую систему; в последующем они отмирают. Более крупные деревья с хорошо развитой кроной и мощной корневой системой перехватывают питательные вещества и значительного недостатка в них не испытывают, хотя и не имеют в полной мере нормального роста и развития. После отпада ослабленных деревьев или рубок ухода освобождается площадь с дополнительным запасом питательных веществ. Оставшиеся деревья начинают наращивать прирост, и состояние насаждений улучшается.

При анализе влияния первоначальной густоты культур на их лесоводственную эффективность следует учитывать технологические факторы: частоту прокладки борозд или полос, закономерности формирования насаждений, особенно в условиях возможного естественного возобновления и смены пород. В частности, на вы-

рубках в ряде условий в брусничных и зеленомошных группах типов леса при создании лесных культур первоначальная густота с учетом естественного возобновления должна гарантировать нормальный рост и развитие при преобладающем участии главной породы в составе насаждений.

При планировании создания насаждений определенного целевого состава и товарности для достижения нужного лесоводственного эффекта нужно отказаться от традиционной максимальной первоначальной густоты, поддерживаемой на всем протяжении периода лесовыращивания близкой к «нормальной», и перейти к оптимальной густоте, обеспечивающей быстрый рост насаждений в первые годы жизни, а затем поддерживать оптимум для каждого периода. Здесь требуются не только наблюдения за современным состоянием древостоя, но и умение предвидеть в перспективе их рост и развитие, а также новые формы управления корневыми запасами леса, что в свою очередь вызывает необходимость изыскания новых форм прогноза протекающих в лесу процессов.

В Швеции опыт 60-летних культур ели показал, что с увеличением густоты посадки от 2 до 10 тыс. шт/га запасы значительно увеличиваются, а при меньшей густоте — резко снижаются. Однако с увеличением густоты уменьшаются средние диаметры древостоев и увеличивается удельный вес тонкомерной древесины, поэтому рекомендуемая густота культур ели 4—6 тыс. шт/га. Сосна более чувствительно реагирует на густоту и при редкой посадке увеличивается сучковатость стволов, что в конечном итоге ведет к снижению эффективности культур к возрасту спелости. Расчеты показали, что наиболее выгодной является закладка лесных культур хвойных пород густотой 2,5 тыс. шт/га; при 5,5 тыс. шт/га доход от продажи леса на корню не покрывает затрат на лесовыращивание.

В 55-летних культурах сосны и ели различной первоначальной густоты проведены таксационный и экономический анализы с целью выяснения влияния густоты посадок. Первоначальное размещение сосны $0,75 \times 0,75$; $1,25 \times 1,25$; $1,5 \times 1,5$ и 3×3 м, ели — 1×1 ; $1,5 \times 1,5$; $1,75 \times 1,75$ и 2×2 м. В результате исследований выявлено влияние густоты лесных культур на запас, средний прирост всей древесины и деловой части, величины естественного отпада, выход сортиментов и лесоматериалов, абсолютно сухую массу древесины на 1 м^3 заготовленного сырья. Редкое размещение деревьев увеличивает выход крупномерного леса, но уменьшает общий запас и способствует развитию крупных сучьев, что снижает качество древесины. Сучковатости стволов и удалению сучьев при первой прочистке уделяется особое внимание. На основании проведенного анализа сделан вывод, что с учетом ренты высшую доходность дают культуры сосны первоначальной густотой 4,4 тыс. шт/га при размещении $1,5 \times$

$\times 1,5$ м, а культуры ели густотой 2,5 тыс. шт/га — при размещении 2×2 м. Определяющим положением этих данных явилась высокая стоимость рабочей силы и посадочного материала, а также отсутствие сбыта мелкотоварной древесины, получаемой при рубках ухода. Чем хуже условия местопроизрастания и меньше запас и товарность насаждений к периоду главной рубки, тем ниже должны быть затраты на лесовыращивание (Carbonier, 1964).

В центре южной Швеции в 1908 г. была заложена серия опытных участков с целью изучения влияния густоты чистых и смешанных сосновых и еловых культур на накопление запаса и качество древесины; почвенные условия и напочвенный растительный покров были почти одинаковы. Высаживали 4-летние саженцы при размещении посадочных мест 1×1 ; $1,25 \times 1,25$; $1,5 \times 1,5$; $1,75 \times 1,75$ и 2×2 м. На всех участках до 1927 г. удаляли только усохшие деревья, а с 1928 г. проводили регулярные прореживания с выборкой по массе 39—51%. За первые 20 лет естественный отпад составил 16,9% при размещении 1×1 м; 19,8% при $1,5 \times 1,5$ м, 31,4% при $1,75 \times 1,75$ м и 18,4% при 2×2 м (высокий отпад в варианте размещения $1,75 \times 1,75$ м объясняется несколько худшими почвенными условиями и малой мощностью почвенного слоя). В 24 года средний диаметр дерева при размещении 1×1 м был 7,6 см, а при размещении 2×2 м — 12,6 см. Аналогичная закономерность наблюдалась и по высоте, хотя деревья равного диаметра имели примерно одинаковую высоту на всех участках. В возрасте 55 лет сумма площадей сечения была примерно одинакова на всех участках, хотя количество деревьев на 1 га было различным. В результате проведенного анализа, с учетом экономических показателей, отдается предпочтение густоте 2×2 м (Wiksten, 1965). В зависимости от условий местопроизрастания, при отпаде 20% оптимальное размещение колеблется от $1,9 \times 1,9$ (II класс бонитета) до $2,7 \times 2,7$ м (IV класс бонитета).

В Финляндии почти повсеместно создают культуры первоначальной густотой 2—2,5 тыс. шт/га, а при использовании селекционного посадочного материала — значительно меньшей. В молодых посадках прирост по объему незначителен из-за небольшого запаса древесины на корню (Uli-Vakkuri, 1968). С увеличением густоты возрастает запас, а следовательно, и прирост по объему. В чрезмерно густых посадках экологические условия ухудшают рост, а часть деревьев погибает, не достигнув размеров, при которых целесообразно и рентабельно их использовать. Следовательно, при установлении густоты посадок необходимо учитывать возможность использования деревьев при рубках ухода при выборе деревьев минимальных размеров, имеющих сбыт. В связи с сильным разрастанием кроны в редких посадках рекомендуется у сосны на плодородных почвах для получения высококачественной древесины обрезать сучья, но создавать все же культуры с редким размещением (от $2,1 \times 2,1$ до $2,2 \times 2,2$ м для III класса бонитета, что соответствует числу саженцев от 2270 до 2070 шт/га). При повышении бонитета на один класс расстояния целесообразно сокращать до 1,9 м, а при идентичном снижении увеличивать до 2,7 м, что будет соответствовать числу саженцев 2270 и 1370 шт/га.

В Норвегии в зависимости от условий местопроизрастания культуры сосны и ели создают с размещением через 1,6—2,5 м. Если раньше для хвойных пород действовал стандарт размещения

по схеме $1,5 \times 1,5$ м, то в настоящее время чаще применяют схемы $2,5 \times 2,5$ м, что позволяет высаживать 1600 шт/га.

В Нидерландах наблюдается тенденция к созданию лесных культур с редким размещением посадочных мест (Oldenkamp, 1968). При этом указывается на необходимость строгого подбора пород и способа создания культур в увязке с особенностями условий место-произрастания. В местоположениях с высокорастущей конкурирующей растительностью применяют более крупный стандартный посадочный материал, выращенный в питомниках. Это позволяет сократить количество саженцев до 1—1,5 тыс. шт/га и отказаться от проведения уходов. Экономические расчеты подтверждают целесообразность и эффективность более редкого размещения.

В ГДР, где были установлены стандарты на густоту 20—22 тыс. шт/га, создают культуры густотой 6—8 тыс. шт/га, а в последнее время еще более редкие. Здесь определен переход к редким культурам ели, для которой оптимальная площадь питания считается $2—4$ м² и размещение принимается 2×1 ; $2,5 \times 1$ — 1,25 и $2,5 \times 1,5$ м при высаживании сеянцев от 5 до 2,7 тыс. шт/га. Выбор типа размещения культур зависит от их производительности. С увеличением расстояний в рядах и между ними, т. е. с уменьшением количества первоначально высаженных растений, возрастает прирост по диаметру. Культуры ели в 60-летнем возрасте в зависимости от условий и первоначальной густоты имели разницу в приросте по диаметру 3—9 см. Прирост по высоте в такой же степени определяется густотой культур, как и прирост по диаметру. В насаждениях с более широкими междурядьями молодые деревья имеют более сбежистые стволы, чем в насаждениях с узкими междурядьями, однако с увеличением возраста эти различия стираются. Сортность пиломатериалов повышается с увеличением расстояния между деревьями. В лесных культурах с широкими междурядьями по мере увеличения возраста возрастает объем промежуточного пользования, причем больший объем древесины можно получить при меньшем количестве вырубаемых деревьев. Устойчивость лесных культур к абиотическим факторам повышается при более свободном размещении растений. Насаждения с узкими междурядьями больше страдают от снеголома. Густые посадки дают большое количество тонкомерной древесины. Так, при размещении $0,5 \times 0,5$ м к 64-летнему возрасту получено 38% жердей и 58% хлыстов, а при размещении $2 \times 1,5$ м — соответственно 16 и 78%.

При посадке лиственницы часто применяют размещение по схеме 2×2 м и $3 \times 1,5$ м. В менее благоприятных условиях существует тенденция к еще более редкому размещению растений почти для всех хвойных пород. Культуры с размещением $1 \times 0,7$ м имеют место лишь в случае выращивания новогодних елок.

В ФРГ наблюдается аналогичная картина, причем характер снижения густоты можно проследить на примере последних лет. Так, в 1948 г. для культур ели рекомендовалась густота до 7 тыс. шт/га, в 1963 г. — 3,8—5,9, а на VI Мировом лесном конгрессе сообщалось о создании культур густотой 3—4,4 тыс. шт/га. Официальная рекомендация Баден-Вюртенбергской лесной опытной лаборатории сводится к высаживанию сеянцев ели $4,5 \pm 1$ тыс. шт/га при расстоянии между рядами в среднем 2 м. Для культур пихты Дугласовой рекомендуется схема $2,5 \times 2,5$ м, а в некоторых случаях — через 4 м. В южной части ФРГ чаще всего встречаются ста-

рые культуры ели с 8—10 тыс. посадочных мест. Такие культуры требуют значительных расходов на последующие прореживания (Abcz и Merkel, 1965). В тех же условиях в 1904 г. были заложены редкие культуры. Посадка производилась под обычный плуг, которым на целине пропахивали борозду и к отвальному на край борозды пласту прикладывали 5—10-летний самосев, взятый из леса. При следующем ходе плуга корни закрывали вторым пластом, растение принимало косое положение. Расстояние между бороздами 2,5 м и в ряду 0,8—1 м. За 1930—1962 гг. было проведено шесть прореживаний и в возрасте 67 лет на 1 га оставалось 1268 деревьев высотой 26 м и диаметром 23,6 см. Запас крупномерной древесины был 734, а с вырубленной массой 954 м³/га. Такие культуры авторы считают образцовыми и рассматривают в качестве прототипа будущих культур ели.

В ФРГ был обобщен опыт выращивания лесных культур с целью установления затрат при закладке и уходе за лесными культурами, сроков первого прореживания в зависимости от размещения растений, объема прореживаний и процента использования в каждом случае получаемой древесины, влияния размещения растений на прирост стволов по диаметру, в высоту и др. (Altherr, 1966). Было установлено, что стоимость лесных культур и число уходов за ними возрастают пропорционально увеличению количества растений на 1 га. Для ели рядовое размещение более предпочтительно, чем квадратное, при равном количестве посадочных мест — в этом случае стволы менее сучковаты. Густые культуры дают большее количество тонкомерной древесины и сухостоя, что приводит к необходимости более раннего начала и периодичности проведения рубок ухода, что способствует лучшему росту и развитию насаждений. В составленных рекомендациях указывается, что в сухих и свежих типах условий местопроизрастания следует создавать культуры с более редким размещением посадочных мест, чем во влажных, где большое количество стволов на 1 га не оказывает столько отрицательного влияния на рост насаждений. Различие в средней высоте на сухих почвах в зависимости от густоты достигает 5—6 м, в то время как на влажных только 1—2,5 м. Наибольшая продуктивность насаждений отмечена при первоначальной густоте 4 тыс. шт/га. Конкретные рекомендации заключаются в следующем: на бедных сухих почвах должно быть не более 3,5—4 тыс. шт/га при размещении 1,6×1,6—1,7×1,7—2×1,44—2×1,4 м; 2,2×1,3—2,2×1,1 или 2,5×1,5—2,5×1 м; на достаточно влажных почвах — 4—4,5(5) тыс. шт/га при размещении 2×1,2—2×1,1—2,2×0,9 или 2×1 и расстоянии в ряду между растениями 0,9—1 м; на богатых почвах — не более 5 тыс. шт/га; при числе стволов менее 5 тыс. шт/га ранее прореживание можно не проводить.

В ЧССР установлено, что влияние схем размещения на общую продуктивность насаждений неоднозначно (Mгаёск, 1967), с уменьшением густоты посадки снижается доля нерентабельных тонкомерных сортиментов. При условии существенного их ограничения или исключения основное количество посадочных мест не должно превышать 4 тыс. шт/га. Размещение культур ели в различных типах леса было следующее: 1×1—1,3×1,2 м — узкие; 1,5×1,5—3,2×1 м — широкие и 1,5×1,2 м — средние (табл. 25). Для успешного выращивания еловых насаждений в конце II класса возраста должно быть не менее 1,3 качественных деревьев, что обеспечивается посадкой

5—6 тыс. шт/га. Считается, что существовавшая норма 7—10 тыс. шт/га чрезмерно велика. Без ущерба для качества и производительности насаждений можно в средних условиях практиковать посадку 4—6 тыс. шт/га. При выборе схемы и количества посадочных мест на 1 га следует учитывать и другие факторы (высоту над уровнем моря, угрозу со стороны сорной растительности или диких животных и т. д.).

25. Рост и развитие культур ели в ЧССР

Размещение	Число растений на 1 га	Площадь на 1 растение, м ²	Возраст культур, лет	Запас древе- сины, м ³ /га		Средние	
				дело- вой	общий	высота, м	диа- метр, см
1,2×1,0	8333	1,2	38	444	468	13,7	12,8
2,0×1,5	3333	3,0	29	386	386	15,8	14,4
1,3×1,2	6410	1,6	35	261	292	11,8	11,7
1,5×1,5	4444	2,2	37	370	379	14,4	12,9
1,5×1,2	5556	1,8	38	223	242	13,1	10,0
1,8×1,4	3968	2,5	38	319	349	15,4	11,2
2,0×1,5	3333	3,0	38	267	279	13,4	10,8
1,2×1,2	6944	1,4	32	382	443	16,1	14,2
2,4×1,2	3472	2,9	30	320	345	19,9	15,1
1,0×1,0	10000	1,0	67	488	734	23,2	20,6
3,2×1,0	3125	3,2	74	594	686	23,8	22,9

В Словакии разработаны новые нормы высадки саженцев с учетом биологических и экологических особенностей древесных пород и условий местопроизрастания. Густоту лесных культур устанавливают в зависимости от породы, плодородия почвы, происхождения посадочного материала, экологических условий, биотических и абиотических факторов, влажности, химического состава и структуры почвы. На почвах среднего плодородия рекомендуется средняя густота, на богатых почвах с благоприятным водным режимом, где деревья растут быстрее, меньшая, на сухих и малоплодородных почвах — более редкая, так как в таких условиях каждому дереву нужна большая площадь питания; на особо сухих почвах средней продуктивности рекомендуются высокие нормы высадки для скорейшего покрытия почвы и создания благоприятного микроклимата. Ниже приведено рекомендуемое количество высаживаемых растений.

Ель в горах	2,5—5
Ель	4,0—6
Сосна:	
в низинах	10,0—16
в низинах на сплошь обработанной почве	8,0—12
на возвышенностях	7,0—10
веймутова	6,0—8
Дуб на сплошь обработанной почве	8,0—12
Дуб	10,0—16

Бук, граб, ясень, липа, явор	8,0—12
Береза, осина	5,0—8

В Австрии при создании лесных культур саженцами рекомендуются следующие схемы размещения: на бедных сухих почвах 3,5—4 тыс. шт/га, на хорошо обеспеченных влагой 4—4,5 и только в исключительных случаях 5 тыс. шт/га; большее количество растений даже на плодородных почвах хозяйственно нецелесообразно. В насаждениях с широкими междурядьями ель более устойчива против ветровала, повреждений корневой губкой и копытными животными.

Заметный переход к редким культурам наблюдается во Франции, где длительное время густота хвойных культур 10 тыс. шт/га считалась нормальной; в настоящее время рекомендуется 2—3 тыс. шт/га. При выборе древесных пород, обосновании способов подготовки почвы и создания лесных культур учитывают условия местопроизрастания, определяют количество древесины, которое можно получить при посадке той или иной породы, а также затраты на выращивание. Для уменьшения затрат на создание лесных культур также используют крупномерный материал. Быстрорастущие древесные породы сажают из расчета 1600—1700 шт/га при расстоянии между рядами 3 и в ряду 2 м. При таком размещении культуры быстрорастущих пород смыкаются к 5—7 годам. Использование крупномерного посадочного материала сокращает число уходов; требуется только один уход в первый год посадки — удаление травянистой растительности без рыхления почвы. На участках, где нет сильного разрастания густого травяного покрова, уход не требуется.

В Англии раньше хвойные культуры создавали с размещением в ряду через 0,9—1,2 м, а в последнее время — через 1,35—1,5 м при посадке сосны и ели и 1,65—1,8 м — более быстрорастущих пород. В лучших условиях местопроизрастания, где рассчитывают получить высокобонитетные насаждения, расстояние при посадке хвойных пород доводят до 2,5—3 м с проведением в этом случае систематической обрезки сучьев. Гибридные саженцы быстрорастущих пород высаживают еще реже, т. е. столько, сколько их будет расти до возраста главной рубки, поэтому здесь проводят систематический уход и обрезку сучьев для получения высококачественной древесины. При редкой посадке у саженцев хорошо развивается корневая система и формируются здоровые, с большей ассимилирующей поверхностью кроны быстрорастущие и ветроустойчивые насаждения. Культуры с редким размещением посадочных мест в чистом состоянии совсем не требуют осветлений, а часто и прочисток. Рубки ухода в редких насаждениях начинают обычно в возрасте 20—25 лет, когда получаемая древесина может быть использована и окупаются затраты на их проведение.

В Северной Америке хвойные породы размещают при посадке не ближе чем через 2 м, в Канаде — через 2,1 или 2,4 м. Для южных районов США, а также для стран Латинской Америки, Африки и Новой Зеландии характерно более редкое размещение. Это объясняется тем, что большая первоначальная густота не позволяет получать крупномерные сортименты при рубках промежуточного пользования, а ограниченная утилизация тонкомерной древесины стала определяющим фактором создания более редких культур, осо-

бонно видов длиннохвойной сосны в странах Северной и Южной Америки и на Африканском континенте. В Аргентине на землях из-под плантаций сахарного тростника иногда закладывают культуры длиннохвойных сосен (элиотти, таеда, радиата) с размещением $2,5 \times 2,5$ и 3×3 м, при этом с 5-летнего возраста требуется обрезка сучьев. В Новой Зеландии и Австралии сосну замечательную (лучистую) закладывают с размещением $2,4 \times 2,4$ м; в возрасте 5 лет обрезают сучья на всех деревьях, а позднее — выборочно, только на тех деревьях, которые оставляют до главной рубки. Экономическая выгода этого метода выращивания бессучковой древесины уже доказана: в одновозрастных культурах при редком размещении с обрезкой сучьев выход пиловочника больше, чем в густых культурах с естественным очищением от сучьев, особенно это касается хвойных пород, у которых этот процесс слабо выражен.

Глава VIII

ФОРМИРОВАНИЕ НАСАЖДЕНИЙ

Процесс заращивания площадей носит в ряде случаев длительный характер. Кроме того, на начальных стадиях формирования насаждений возникают трудности с определением будущих особенностей возникающих лесных формаций по составу древесных пород и ходу их роста. Определенную информативную нагрузку несет избранный для систематизации информации способ группирования данных. Сведения могут быть сгруппированы с учетом проведения анализа при изучении хода формирования насаждений с течением времени по классам бонитета, типам леса и условий местопроизрастания. Для этого составляют традиционные таблицы классов возраста, бонитетов, полноты и запасов насаждений, как принято в лесоустроительной практике, или используют принципы и приемы, применяемые при геоботанических обследованиях. В хозяйственных секциях на типологической основе изучают и представляют ход роста насаждений выделением определенного типа ассоциации.

Основные направления и содержание методики исследований формирования насаждений, в частности елово-лиственных формаций, разработаны Л. А. Кайрюкшисом (1969), сосновых лесов на Урале — Н. Я. Луганским (1974) и др. К. К. Высоцким (1962) описан опыт использования массовых лесоустроительных данных для выявления общих закономерностей расселения лесобразующих пород в изучавшемся районе. К. Б. Лосицкий,

В. С. Чуенков (1973) изучали возможность установления эталонных лесов с использованием математико-статистических методов инвентаризации. Работы осуществлены в центральной части зоны смешанных лесов. Проведен анализ основных этапов формирования сосновых, еловых и частично березовых насаждений на основе изучения состава и таксационных характеристик различных классов возраста по группам лесов и лесхозов. Статистические группировки сведений позволяют рассчитать состав и основные таксационные показатели насаждений, но не дают ответа на вопросы о первопричинах формирования состава, полноты ярусности и других особенностей насаждений. Кроме того, без указания площади или процентных соотношений невозможно четко судить о распространенности определенных явлений.

Принятие тех или иных положений об эталонных участках леса обуславливается фазами роста и развития древостоев, причем не только возрастом, но и определенными условиями местообитания, особенностями возобновления, густоты, сомкнутости и пр. Фаза развития древостоев, начиная с момента смыкания крон, отличается процессом интенсивного естественного изреживания, дифференциацией стволов по высоте, общему габитусу и накоплением общей биомассы. Рост смешанных древостоев сопровождается усилением межвидовых отношений в биоценозе. Связывая биологические процессы с режимом светового, водного и почвенного питания древесных растений, лесоводы издавна занимаются регулированием отношений между деревьями путем рубок ухода.

Направленное формирование условий выращивания насаждений осуществляется с помощью мелиоративных мероприятий, например химической мелиорации с использованием удобрений. Кроме того, традиционным является применение водных мелиораций. Ставя вопрос об искусственном формировании насаждений, прежде всего задаются целью повышения их продуктивности. Нарращивание производительности и повышение продуктивности лесов достигаются за счет приведения в оптимальное соответствие внешних условий для лесовыращивания и требований растений к световому, тепловому, пищевому и водному режимам. Эти методы регулирования дополняются изменением с помощью селекции диапазона приспособления растений к условиям внешней среды, отзыв-

чивости на регулирующие воздействия и степени использования природных факторов.

Для решения задачи целенаправленного управления выращиванием насаждений следует предварительно изучить ход изменения факторов среды в сезонной и вековой динамике и сопоставить приспособление растений к этим изменениям. Для этого климатические и другие природные факторы среды, входящие в экологический комплекс, сопоставляют с биологической продуктивностью лесных пород; исследуют количественные соотношения всех факторов в диапазоне от минимально необходимых или избыточных до оптимальной их представленности с целью установления максимальной отзывчивости древесных растений на мелиоративные и лесовосстановительные воздействия.

Описания изучаемых явлений можно делать в виде таблиц, по аналогии с таблицами хода роста или представить количественные соотношения в виде эмпирических математических формул и уравнений. Как и в таблицах хода роста, естественные ряды развития древостоев могут быть выражены аналитическими уравнениями по группам типов леса, по типам леса, бонитетам или на иной основе (например, почвенно-экологической). Соотношения, устанавливаемые при этом для отдельных таксационных показателей насаждений, могут давать представление об изменении товарного и породного состава лесов средних высот, ярусности, полноты, густоты и т. д. К. Е. Никитиным (1972) рассмотрен ряд эмпирических зависимостей, построенных в виде полиномов прямой или обратной пропорциональности, логарифмических и показательных функций. По форме зависимости, предложенной Ф. Д. Корсунь (1967), Н. Н. Сваловым (1967), получено описание развития древостоя в высоту.

$$h(t) = t^2 / (1,7942 + [0,0869t + 0,0582t^2]).$$

Трансцендентная форма уравнения, предложенная К. Е. Никитиным (1966), описывается выражением (Свалов, 1967)

$$h(t) = 15,4 (1 - e^{-0,019 t})^{1,5454}.$$

Выравнивание эмпирических рядов по диаметру рекомендовано Н. Н. Сваловым (1967) по сложной функции, учитывающей смещение в наблюдении признака на вы-

соте 1,3 м, т. е. пока признак, в частности диаметр, не наблюдается на высоте 1,3 м (рост растений ниже измеряемого уровня — высоты 1,3 м от поверхности земли), необходимо внести коррективы на начало отсчета.

Аналитические зависимости для описания динамики сосновых древостоев по типам леса в условиях Белоруссии приведены В. Ф. Багинским (1974), который изучал строение и рост сосновых молодняков искусственного происхождения с первоначальной густотой посадки около 10 тыс. шт/га, до 30 лет не подвергавшихся рубкам ухода. По отношению высоты h к определенному возрасту A получены следующие эмпирические уравнения для разных типов соснового леса:

$$\begin{aligned} \text{зеленомошного} \quad . \quad . \quad . \quad H_1 &= 24,0463 (1 - e^{-0,0485 A})^{1,7485} \\ \text{мшистого} \quad . \quad . \quad . \quad H_2 &= 22,4711 (1 - e^{-0,0416 A})^{1,7554} \\ \text{верескового} \quad . \quad . \quad . \quad H_3 &= 21,4929 (1 - e^{-0,0357 A})^{1,7490} \end{aligned}$$

Аналогичные выражения получены для характеристики закономерностей роста по диаметру и запасу древостоев. Динамика насаждений по суммам площадей сечений на высоте 1,3 м описывается полиномами 3-й степени. При сравнении с молодняками естественного происхождения В. Ф. Багинским (1974) отмечено, что до 40-летнего возраста древостои искусственного происхождения в аналогичных почвенно-грунтовых условиях на один класс бонитета выше имеющих естественное происхождение, но затем это различие сглаживается. Описанные им участки были близки к нормальному состоянию по полноте. Аналитические выражения, полученные для отражения закономерностей, носят характер парных связей, например роста времени и т. д. Более сложная работа была сделана Н. Декуртом во Франции. Им использована связь времени и числа стволов и других лесотаксационных параметров в виде выражения

$$y = a \ln t + b/N + c,$$

где y — искомый параметр; t — время (возраст), лет; N — число стволов на 1 га; a, b, c — коэффициенты.

В развитие этого представления К. Б. Лосицким и В. С. Чуенковым (1973) для древостоев сосны и ели предложены эталонные нормативы, ниже которых не следует допускать их изреживания. Выражения логарифмичес-

кого типа составлены для высоты, средних диаметров, сумм площадей сечений и запасов леса.

Исследование хода роста в зависимости от строения полога усложняется при разделении по средней высоте ярусов растительности. Л. А. Кайрюкшис (1969) длительное время изучал световой режим для рационального использования солнечной энергии в ярусах насаждений. Наибольшие трудности при первоначальном анализе натурной информации вызывает установление состава лесов на всю перспективу изучения их роста и развития во всем комплексе слагающих компонент. По таблицам хода роста смешанных елово-березовых насаждений, составленным для БССР, В. К. Захаровым и О. А. Трулем, к 40-летнему возрасту ель в 2-ярусных древостоях, в которых ранее она находилась во втором ярусе, интенсивно переходит в первый ярус. Данные по динамике состава древостоев с возрастом были получены путем осреднения при систематизации и анализе лесотаксационных показателей по выделам: информацию группировали по сериям типов леса, изменения с возрастом средних таксационных показателей прослеживали по материалам пробных площадей, ряды наблюдений выравнивали с использованием аналитических приемов обработки.

Лесоводственные исследования можно проводить на основе естественной классификации операционной базы. Так, рассмотрев встречающиеся почвенные разности под насаждениями еловой и елово-лиственной формаций, Л. А. Кайрюкшис (1969) сделал вывод, что хозяйственная группировка насаждений в Литовской ССР на принципах выделения почвенно-экологических групп оказывается сравнительно дробной даже в условиях интенсивного ведения лесного хозяйства. Естественное формирование насаждений он рекомендует изучать с использованием генетической классификации типов леса, разработанной Б. П. Колесниковым, в которой хозяйственное объединение типов леса ведется на основе выделения почвенных групп. Коренной и производные от него типы леса объединяются в серии (по С. Я. Соколову). В Литовской ССР еловые и производные от них насаждения встречаются в 12 сериях типов леса, причем хозяйственное значение имеют пять из них, объединяющие 88% всех насаждений. Сопоставление состава древостоев, в которых рубки не проводили, с древостоями, где прово-

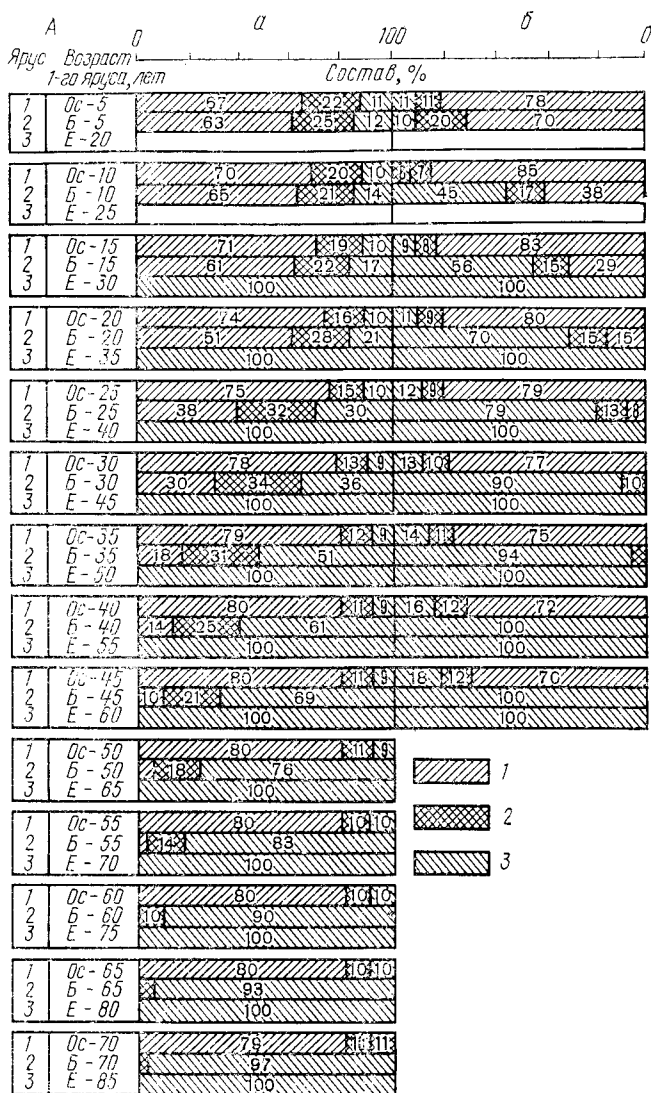
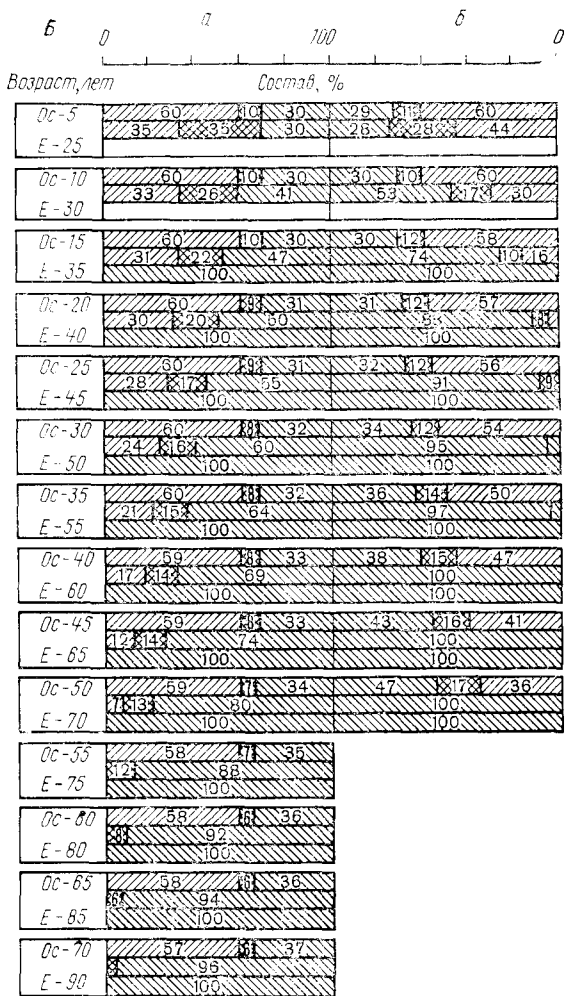


Рис. 17. Ход формирования чернично-кисличных типов леса:
 А — осиновых с елью; Б — елово-осиновых; а — без рубок ухода; б — при



в рубках средней интенсивности; 1 — осина; 2 — береза; 3 — ель

дили рубки ухода средней интенсивности, обеспечившие некоторое увеличение пропорций в пользу ценных пород к возрасту спелости, показывает, что еще в фазе возникновения и формирования молодняков установившейся состав при естественном выращивании в течение длительного времени, даже в пределах хозяйственного оборота, меняется незначительно. При этом отмечается различие в составе древостоев, которые возникли за последние 30 с лишним лет (что до 40-летнего возраста прослеживается и на белорусских материалах), — преобладание лиственных пород (Кайрюкштис, 1969).

Ниже приведены результаты, полученные при сравнении данных по Белорусской и Литовской республикам (рис. 17). По материалам белорусских таблиц хода роста кисличной, зеленомошно-кисличной и черничной групп типов елово-березовых насаждений для первого 10-летия видовая представленность составляет 9Б1Е, к 30 годам 7Б3Е, в 40 лет 6Б4Е, в 70—80 лет 7Е3Б, а к 100 годам 8,5Е1,5Б.

В Литовской ССР аналогичные чернично-кисличные еловолиственные древостои I класса возраста имели состав 7,5Б1,5Ос1Е, а к 70—85 годам 5,6Б1,6Ос2,8Е, т. е. сохранилось преобладание лиственных пород по запасам растительной (стволовой) массы, они теряют менее 20% участия по стволовой массе от общей производительности насаждений. По литовским данным, лиственные породы соответствуют II классу бонитета, хвойные — II—III (II,5). Соотношение изменения высоты с возрастом по бонитировке складывается в пользу хвойных только к 100 годам, после чего можно ожидать наступления фазы со сменой состава в сторону их преобладания (подобную динамику отражают таблицы формирования и хода роста смешанных елово-лиственных насаждений, ельников-черничков северного Прикамья). В насаждениях без проведения рубок ухода примерно с 40-летнего возраста представленность ели в составе верхнего яруса увеличивается, участие березы несколько снижается, а участие осины вплоть до 70-летнего возраста по процентной представленности сохраняется.

Выделение площадей по преобладанию какой-либо древесной породы еще не обеспечивает возможность вскрытия естественной динамики по флористическому составу на основе таксационных описаний. Процесс сме-

ны хвойных пород мягколиственными объясняется рением концентрированных сплошнолесосечных руб главного пользования, которые резко нарушают естественный ход природных процессов возобновления лесов. В связи с этим простой набор пробных площадей, даже подкрепленный ссылками на массовую статистику из материалов лесоустройства, еще не создаст объективных возможностей для составления прогнозов динамики насаждений в хозяйственных секциях, так как является как бы статичным фотоснимком на дату проведения инвентаризационных работ или последнего 10-летия из всей истории роста лесонасаждений. Это объясняется тем, что по методу классов возраста (метод, принятый в лесоустройстве) хозяйственные секции включают свободно организованные выделы. Возможно, что при организации по участковому методу группировки отличались бы большей преемственностью данных, так как границы участков не меняются с течением времени.

Использование любой основы для сравнения обеспечивает однозначную систематизацию предметов. В данном случае при описании насаждений по преобладающим или главным породам выявляются лесоводственные объекты, когда участие какой-либо древесной породы начинает занимать известную долю. Более объективный принцип должен позволять систематизировать сведения с наличием любой встречаемости древесной породы — от единичной до полного преобладания в составе насаждения. Путь к этому — возможность наблюдений за сериями участков различных древесных пород и состава с момента возникновения до рубки древостоев.

Затруднения в классифицировании объектов особенно наглядны на примере рубок ухода. При их проведении регулируют световое питание, поэтому наименования отражают основной смысл проведения — изреживание (по М. Е. Ткаченко) или разреживание (по А. В. Давыдову) насаждений: осветления, прочистки, прореживания, проходные рубки. Приурочены они к определенным возрастным стадиям формирования древостоев и обеспечивают, кроме достижения лесоводственных целей, возможность получения дополнительной древесины, которая была бы потеряна за счет естественного отпада (примерно около 25 % общей производительности конкретных насаждений). Предварительно определяют, какие деревья следу-

ет удалять и какие сохранять на перспективу, чтобы сформированный ими полог позволил наиболее полно улавливать солнечную радиацию с целью накопления ценной стволовой древесины. Тем самым обеспечивается выращивание древесных стволов нужной товарной структуры и в более сжатые сроки. В целом рубки ухода направлены на выращивание оптимальной густоты хозяйственно ценных пород на всех фазах формирования насаждений.

Для отбора деревьев в рубку были разработаны различные их классификации, например: для чистых одно-возрастных насаждений — классификация Крафта; классификации А и В, предназначенные для ориентировки при лаконичном описании буквенно-цифровым кодом деревьев в насаждениях сложных форм, представляющих временные ассоциации лиственно-хвойных насаждений. В соответствии с этими классификациями деревья делятся на три группы: избранные, или оставляемые при любом способе и степени вырубki; подлежащие удалению независимо от способа и интенсивности рубки (сухостойные, гнилые, пораженные различными заболеваниями); в промежуточную группу включаются деревья с отклонениями в форме ствола, характере развития кроны и расположении в пологе древостоя. За счет последней группы варьируется интенсивность выборки и определяется способ рубки. В ней выделен целый ряд подклассов, в том числе второстепенных пород, с плохим развитием кроны, суховершинностью ствола и т. д. В нижних положениях многоярусных насаждений в эту группу относят также угнетенные в той или иной степени стволы, у которых отсутствует заметный прирост. Предписания по уборке деревьев при рубках ухода разной интенсивности и по методу для верховой, низовой и комбинированной рубок составляются дифференцированно, с указанием, что порядок и соотношение групп деревьев, поступающих в рубку являются лишь средней придержкой и не должны служить трафаретом для всех случаев разреживаний, т. е. в каждом конкретном случае необходимо учитывать цель ухода.

В Ленинградской, Новгородской и Псковской областях была заложена серия пробных площадей (под руководством проф. В. Гумана). В течение последних десятилетий проводились наблюдения за результативностью

рубков ухода: отмечены улучшение качественного состава древостоев, условий лесовозобновления и развития подроста, элементарное селекционное значение рубок, закономерность приблизительного постоянства производительности насаждений при широкой амплитуде варьирования степени изреживания полога. Результаты опытов показали, что форма разреживания, оказывая влияние на устойчивость древостоя против ветра и снега, ускорение приспевания леса к главной рубке, ценность продукции промежуточного пользования и др., в то же время почти не влияет на производительность насаждения. В этом вопросе решающую роль играет интенсивность разреживания, с помощью которой можно повысить или снизить производительность насаждений. Верховые разреживания имеют значение при осветлении ценных пород в смешанном лесу, а положительная роль низовых форм отмечена для устойчивости древостоев против снеговала и снеголома. Признано, что биологической основой классификации деревьев должны быть скорость роста и качество ствола. Было обращено внимание на устойчивость присвоенных по классификации рангов деревьев в процессе роста.

Л. А. Кайрюкшис (1969) при классифицировании деревьев в смешанных насаждениях принимает во внимание признаки, связанные с развитием деревьев: форму и общую архитектуру кроны, суковатость, положение ствола в пологе и т. д. Отмечая возможность перехода деревьев из класса в класс в процессе естественного и искусственного формирования насаждений елово-лиственных формаций, он говорит, что превалирует переход по нисходящей линии развития и лишь 2—5% за 5 лет по восходящей линии. Такой подход позволяет наметить перспективы выращивания сложных древостоев с учетом динамики нижних ярусов, но затрудняет отнесение деревьев к тем или иным классам при установлении видов рубок, направленных на формирование верхнего полога.

Проводя связь полученных выводов с материалами анализа таблиц хода роста, следует отметить, что обычно выделяемая в последних подчиненная часть насаждения имеет заниженный объем среднего ствола, а отпад могут составлять деревья всех рангов. В чистых древостоях наиболее эффективной признается интенсивная низовая рубка, а в смешанных — комбинированная с

низовой средней интенсивности рубка, когда верховое прореживание направлено на формирование глубокого строения полога, обеспечивающего интенсивный прирост хозяйственно ценных пород и отдельных стволов деревьев. Поэтому при составлении нормативных придержек в виде таблиц хода роста следует отмечать и учитывать особенности условий и структуры будущих насаждений.

Экологические условия, создаваемые лесом, необходимо учитывать при установлении закономерностей формирования насаждений, а лесохозяйственную деятельность проводить дифференцированно, с учетом как экономических, так и природных условий; нужно максимально использовать те силы природы, которые обеспечивают повышение производительности и продуктивности лесов при минимальных затратах.

Улучшение условий лесовыращивания обеспечивается в настоящее время с помощью различного рода мелиораций. Широкое распространение получила гидролесомелиорация. Значительный эффект может дать использование химических веществ в целях изменения факторов среды в сторону улучшения лесорастительных условий, направляемых на повышение качества выращиваемой древесины, усиление защитно-водоохранных и санитарно-гигиенических функций и т. д. В последние годы внимание специалистов начинают привлекать также вопросы возможности нормального регулирования условий. Таким образом, наиболее перспективными становятся вопросы комплексного влияния мероприятий на повышение производительности и продуктивности формируемых насаждений. На фоне зонального влияния климатических и естественно-исторических условий в совокупности должны рассматриваться гидрологический, почвенный и растительный, т. е. биогеоценотический комплекс среды. Климатические ресурсы на любой территории слагаются в основном из ресурсов тепла, освещенности, влаги, продолжительности и особенностей вегетационного периода, силы и основных направлений действия ветра по сезонам.

Для изучения лесоводственных свойств древесных пород целесообразно использовать принципы лесной типологии. Г. П. Мотовилов (1957) предложил схемы образования хозяйственных секций на примере эксплуатационных лесов II группы, когда в одно хозяйство включаются несколько типов леса. Например, в одно сосновое

крупнотоварное хозяйство объединяют типы леса от сосняка-брусничника до лишайникового (правда, последний при значительной представленности по площади может образовывать самостоятельное хозяйство) во второе — сложные сосняки-кисличники и т. д.

В этом случае совмещаются принципы формирования насаждений в биологическом и таксационном плане с организационными принципами. С практической точки зрения самым весомым обстоятельством является возможность получить прогнозные предсказания по динамике лесных объектов в пределах хозяйственных секций. Основой выделения насаждений в хозяйственные секции могут быть породные и бонитировочные признаки, флористические, связанные с типами леса, условия местопроизрастания, рельеф территории, экономические особенности ведения лесного хозяйства, целевое назначение лесов и особенности организации побочных пользований в них.

Изучение опыта в передовых предприятиях лесного хозяйства позволило к настоящему времени пересмотреть принципы воспроизводства лесов в зависимости от природных и экономических условий. Высокоэффективный принцип программно-целевого подхода в определении перспективных лесов будущего. Состав целевых древостоев следует устанавливать после тщательного изучения потенциальных возможностей лесных площадей для формирования насаждений определенного видового состава и товарной структуры с учетом факторов экономики. При этом предполагается использование современных математических методов ЭВМ. В этом случае обеспечивается возможность быстрого расчета вариантов по моделям, описывающим особенности и ход роста насаждений, а также возможность предварительной оценки экономической и хозяйственной эффективности какого-либо лесоводственного мероприятия, что может служить основой и обоснованием принимаемых решений.

Глава IX

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ

В последние годы для принятия оптимальных решений осуществляют довольно часто и успешно моделиро-

вание процессов. Этот метод позволяет имитировать на модели поведение какого-либо реально существующего в природе насаждения и получить быстрый ответ, правильно ли выбрано решение из ряда возможных. Моделирование стало настоятельной необходимостью в связи с переходом от наблюдения за состоянием природных объектов (лесных биогеоценозов) на пробных площадях к наблюдениям за состоянием элементов ландшафта лесных массивов на значительных территориях. Это вызвано стремлением охватить наблюдениями как можно более широкий диапазон состояний окружающей среды, увязать отдельные представления отраслевых специалистов в общее представление о протекающих в природе процессах, имеющих народнохозяйственное значение.

Экспериментирование на ЭВМ позволяет как бы проследить возможные варианты в широком диапазоне отправных моментов. Сначала можно построить простейшую модель процесса, запрограммировать ее и ввести в ЭВМ, исследовать разницу в поведении реального и моделируемого процесса и на этой основе улучшить модель. Если исходная модель содержит нереальные предположения, решение ЭВМ подскажет, какие именно предположения следует изменить, чтобы приблизить модель к реальному процессу. В этом случае используют кибернетические принципы и воссоздают обратную связь: когда соединяют экспериментальные данные, быстрый машинный счет и разум человека. Моделирование на ЭВМ позволяет во много раз быстрее прояснить картину изучаемого явления и найти оптимальный способ решения задачи. Процесс решения, даже если он сводится к определению какого-то качественного состояния, проходит через количественные показатели, когда оценивают по принятому критерию все возможные варианты и выбирают лучший из них. Однако что касается биологии, где должны учитываться сложные биологические связи и экологические условия, то очень трудно, а часто и невозможно перебрать все варианты и выбрать оптимальный. При решении вопросов без математических методов в отборе допустимого круга вариантов помогает здравый смысл, который позволяет отбрасывать заведомо нереальные варианты, хотя при этом нет никакой гарантии, что в их числе есть именно тот оптимальный вариант, который мы ищем.

Математическое моделирование предусматривает математический анализ и методы, позволяющие определить наилучший вариант решения в конкретных условиях. При этом должны быть установлены критерии для сравнения различных вариантов. Модель в таком случае становится основой для разработки и принятия научно обоснованных решений. Большие возможности имеет математическое моделирование для рассмотрения хода роста и развития лесных насаждений к определенному времени в зависимости от условий местопроизрастания и первоначальной густоты насаждений, агротехнического и лесоводственного ухода, осушения избыточно увлажненных участков, внесения удобрений, промежуточного пользования и т. д. Моделирование позволяет выявить характер изменения показателей и отзывчивость насаждений на проводимые мероприятия, в результате чего можно получить данные о прогнозируемом насаждении на любой период времени. Однако прогнозируемые данные близки к реальным в том случае, если исходные материалы точно отражают ход предшествующего процесса роста и развития насаждений до начала и в период прогнозирования.

Сами природно-хозяйственные процессы получают описание в форме математических моделей. Например, ставится задача смоделировать рост и развитие создаваемых человеком лесных культур с целью получения обобщенных хозяйственных рекомендаций. При этом могут быть поставлены частные вопросы: установление первоначальной густоты посадки, эффективной в конкретных производственно-экономических условиях, допустимых норм отпада и дополнения лесных культур, возрастов первоначальных разреживаний для определенных условий, норм (повторяемости и интенсивности) рубок ухода, хода роста чистых или смешанных лесных культур, а также изучение влияния антропогенных факторов, фито и энтомовредителей, повреждения культур животными и т. д. В целом должны учитываться следующие основные условия: целевое назначение ведения хозяйства, экономические факторы (в частности, наличие техники и рабочей силы), экологические факторы и их изменение в процессе выращивания лесных культур разных густоты и состава, а также в ходе представленных лесоводственных мероприятий, производительность конкретных усло-

вий местопроизрастания, состав и биология древесных пород.

Диапазон решаемых при моделировании вопросов для конкретных создаваемых лесных культур может быть сужен и сводиться к выявлению оптимальной первоначальной густоты лесных культур, сроков начала уходов (за почвой и древостоем, причем не только механизированной обработки почвы или рубок ухода, а и внесения удобрений и проведения других культурно-технических мероприятий), периодичности уходов и культурно-технических мероприятий, интенсивности дифференциации стволов в древостое, товарной и материально-денежной оценки как самих древостоев, так и результатов производственной деятельности в них.

Древостой искусственного происхождения проходит следующие фазы (по Н. П. Кобранову), начиная от подготовки лесокультурной площади и вплоть до его спелости: подготовку территории; создание лесных культур; приживание — с момента посадки до окончания ухода за почвой в целях борьбы с сорной растительностью; индивидуальный рост и развитие; дифференциацию по степени господства — по окончании периода жердняка; формирование стволов — очищение нижней части от сучьев и усиление прироста по диаметру; приспевание; спелость. К этому следует добавить фазы перестойного состояния и смены поколений леса. Представление отдельных стадий (фаз) развития следует учитывать путем установления определенных требований к разрабатываемым моделям. Построенные математические модели должны отражать биологическую природу роста и развития древесных растений, отличаться внутренней непротиворечивостью и логичностью построения, полностью охватывать описываемые явления и соответствовать объекту. Кроме того, должна быть обеспечена реальная возможность экспериментальной проверки получаемых выводов относительно условий или объектов моделирования, т. е. проверки модели на соответствие реальному состоянию описываемого явления.

Моделирование позволяет решать управленческие задачи с применением математических методов и ЭВМ; составление моделей оптимального планирования и инженерного проектирования позволяет реализовать научные достижения и предписания непосредственно в хо-

зяйственной практике, так как рациональное использование и сохранение природных ресурсов обеспечивается не только в процессе производственной деятельности, но и на стадии решений по интенсивности их эксплуатации, т. е. в процессе управления и проектирования. Это особенно важно для возобновляемых лесных ресурсов. В деле повышения продуктивности лесов немалое значение имеет решение вопросов разработки все более совершенных приемов управления комплексным процессом, включающим наряду с лесоводственными и агротехническими приемами методы организации и планирования. Основная задача при этом — максимальное использование потенциальных возможностей местных экологических условий для выращивания высокопродуктивных насаждений ценных древесных пород, сохранение и улучшение окружающей среды, повышение биологической устойчивости, водоохранной и рекреационной способности лесонасаждений.

Статистическая обработка массовых данных. Массовые статистические данные обрабатывают на ЭВМ. В Советском Союзе широкое распространение получили ЭВМ 3-го поколения: БЭСМ-6, «Минск-32», модели единой системы ЭВМ (ЕС-ЭВМ) — ЕС-1020, ЕС-1030, ЕС-1040 и ЕС-1050. Предыдущее поколение машин может быть представлено БЭСМ-4, «Минск-22». С ЭВМ неразрывно связаны математические средства, т. е. они являются системами обработки данных. С системами математического обеспечения (СМО) ЭВМ можно ознакомиться по специальным пособиям и каталогам стандартного математического обеспечения. Универсальность и эффективность СМО достигается благодаря возможности пополнения операционной системы обработки программами пользователя, пакетами прикладных программ и т. д.

Составление программ представляет собой поэтапный процесс формирования задачи или алгоритма вычислений, программирование (в кодах машины или на специальном промежуточном языке), отладку и выполнение программ. На ЭВМ 3-го поколения программирование облегчается благодаря записи задач на языках программирования и использованию программистом услуг операционных систем. Современными языками программирования являются Ассемблер, Алгол-60, Фортран IV, Ко-

бол, ПЛ/I и РПГ; они получают дальнейшее развитие, например, в создании Алгол-68, ряда специализированных языков, приспособленных к нуждам пользователей. Универсальный международный язык программирования Алгол-60, используют для публикации вычислительных процессов в форме процедур, пакетов и отдельных программ. Грамматика языка обеспечивает описание математических алгоритмов. На его основе разработан целый ряд трансляторов для ЭВМ, обеспечивающих перекодировку на язык конкретной машины.

Конструкция новейших языков в программировании основана на блочном или модульном принципе построения программ и на требовании предварительного описания средств обработки идентификаторами постоянных и переменных величин. Основным средством записи различных действий служат операторы: присваивания значений, условного и безусловного перехода, организации циклов и т. д. Операторы снабжаются метками, облегчающими различного рода ссылки в процессе организации последующей трансляции и работы программ. Конкретные реализации языков на ЭВМ обеспечивают возможность подключения ее стандартного математического обеспечения. Универсальность языков достигается также за счет соглашения по использованию определенных языковых наименований и транскрипции, принятой, например, в русском или английском языке. Процессу программирования предшествует этап алгоритмизации, когда для поставленной задачи создается четкое предписание к ее решению. Почти всякий эксперимент должен начинаться с его планирования, ибо административно-хозяйственная отчетность, таксационные и лесоустроительные материалы представляют собой огромную массу цифровых данных, систематизированных в основном в форме таблиц. Дополнительную обзорную информацию можно получать по планово-картографическим и аэрофотосъемочным материалам. В связи с трудностью установления определенных соотношений и тенденций развития природно-хозяйственных процессов по учетным или отчетным данным с помощью статистического анализа отбирают необходимые показатели. К статистической обработке могут быть привлечены экологические факторы, таксационные показатели или характеристики отдельных угодий, технико-экономические данные и пр. Примерами

учитываемых лесохозяйственных факторов или характеристик являются: лесистость территории, основной породный состав, средний бонитет или полнота древостоев, основные фонды, капитальные вложения, операционные затраты и др. Статистическое описание представляет собой сжатие массовой информации вплоть до получения оценок отдельных параметров.

Сведения в виде опытных или отчетных данных фиксируются с подразделением величин на зависимые и независимые переменные. В качестве зависимых можно применять нормативы искусственного лесовосстановления лесных не покрытых лесом площадей, назначение мер для которого можно представить как отклик на конкретные лесоводственные и экономические условия. Если совокупность показателей расположить (классифицировать) в определенном порядке, то с полученной таблицей (матрицей) можно осуществлять алгебраические преобразования, обеспечивающие статистическую обработку данных (табл. 26).

26. Матрица исходных данных

№ п/п	Область, автономная республика	Лесные культуры на 100 га вырубленной площади y , %	Отношение основных фондов к операционным затратам x_1 , доли 1	Операционные затраты на 100 га лесной площади x_2 , руб.	Средний бонитет x_3 , баллы	Распаханность территории x_4 , %
1	Архангельская	38,9	0,430	37,8	4,7	0,59
2	Вологодская	37,3	0,430	90,7	3,7	0,62
3	Карельская АССР	42,9	0,269	90,0	4,4	0,05
29	Липецкая	175,0	0,845	1267,9	1,5	69,5
30	Тамбовская	85,7	0,763	1113,2	1,7	67,0

Список переменных может быть расширен или сужен, но для отбора включаемых в уравнение аргументов необходимо выбрать определенные влияющие факторы и подходящего типа эмпирические уравнения регрессионной связи. Используются показатели коэффициентов множественной корреляции, корреляционные отношения, оценивается целый ряд статистических параметров, определяются остаточные дисперсии, доверительные границы расчетных значений показателей и т. д.

В процессе интерпретации результатов наибольшие трудности возникают при установлении достоверности соответствия факторов-аргументов и зависимой величины, особенно в случае использования для прогнозирования регрессионных уравнений. Вектор данных откликов-наблюдений Y и матрица X независимых факторов-наблюдений в алгебраической форме записываются следующим образом:

$$Y = \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_m \end{pmatrix}, \quad X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{pmatrix}.$$

Предполагается, что матрица X не содержит линейно связанные столбцы. Применение аппарата матричной алгебры позволяет использовать хорошо разработанный математический аппарат, опираясь на строгие математические доказательства. С другой стороны, следует отметить, что условным алгебраическим символом придается вполне определенный физический смысл. Как можно заметить на матрице исходных данных, показатели могут быть различного характера: стоимостные в рублях, процентные, другие относительные показатели, найденные по каким-либо специальным шкалам оценки, например, по общебонитировочной шкале проф. М. М. Орлова. В табл. 26 каждый столбец представляет собой вектор откликов Y или векторы из независимых переменных X_q строки — одновременные серии наблюдаемых значений переменных по областям и автономным республикам. При этом подвергаются обработке сведения, полученные в разнящихся по условиям экономических районах. Различие должно сказываться на ожидаемом обобщении информации при формировании регрессионных уравнений. Устанавливаемые доверительные границы уравнений действительны для крупного зонального комплекса, охватывающего лесную зону европейской территории Союза. В пределах отдельных областей следует осторожно использовать подобные уравнения: ареал накопления данных и классификация условий должны быть тщательно изучены, а регрессионные уравнения получены в пределах достаточно однородных классов распределения и группировки переменных (условий). Для определения

коэффициентов уравнения множественной линейной регрессии строится система, которая в матричной форме принимает следующий вид:

$$\begin{pmatrix} n & \sum_{i=1}^n x_{1i} & \dots & \sum_{i=1}^n x_{mi} \\ \sum_{i=1}^n x_{1i} & \sum_{i=1}^n x_{1i}^2 & \dots & \sum_{i=1}^n x_{1i} x_{mi} \\ \sum_{i=1}^n x_{2i} & \sum_{i=1}^n x_{2i} x_{1i} & \dots & \sum_{i=1}^n x_{2i} x_{mi} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sum_{i=1}^n x_{mi} & \sum_{i=1}^n x_{mi} x_{1i} & \dots & \sum_{i=1}^n x_{mi}^2 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} A_0 \\ A_1 \\ A_2 \\ \dots \\ A_m \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sum_{i=1}^n y_i \\ \sum_{i=1}^n x_{1i} y_i \\ \sum_{i=1}^n x_{2i} y_i \\ \dots \\ \sum_{i=1}^n x_{mi} y_i \end{pmatrix}$$

где n — число экспериментальных точек; i — номер точки.

В результате решения по способу наименьших квадратов получаем коэффициенты A_0, A_1, \dots, A_m линейного уравнения регрессии

$$\hat{Y} = A_0 + \sum_{j=1}^m A_j X_j.$$

Достоверность регрессионной модели проверяют по характеристикам разброса данных вокруг среднего значения и линии регрессии. Методика, позволяющая выявлять эффекты, объясняемые влиянием случайных факторов, связанных тенденциями развития протекающих процессов, была предложена Фишером.

В настоящее время разработаны алгоритмы и составлены программы для ЭВМ, облегчающие анализ информации и установление взаимосвязей переменных показателей между собой. Широко применяются факторный, регрессионный, корреляционный, а также другие виды математико-статистического анализа данных. Например, регрессионный анализ позволяет представить табличные сведения в виде регрессионных уравнений; последующий конъюнктный анализ взаимодействующих факторов обеспечивает возможность выбора характеристик, наиболее полно отражающих управляемые факторы природо-

пользования, а также последовательную оценку и отсев незначимых факторов.

При анализе природно-хозяйственных процессов важное значение имеет фактор времени. Тенденция естественного зарастивания вырубок с течением времени может быть установлена с применением приемов выравнивания статистических рядов с использованием полинома $y = a + vx + cx^2 + \dots + zx^n$. Запись решения предлагается на языке Алгол-60, а само решение осуществляется по методу наименьших квадратов. Программу и исходные данные набивают на перфокартах с помощью специального перфорационного устройства. Информация представляется в виде двух массивов, причем первый служит для описания второго с результатами измерений, учета и т. д. Для первого массива последовательно указываются: степень полинома, выравнивающего ряд наблюдений, начальное значение и шаг изменения независимой переменной, число наблюдений зависимого признака. Во второй массив организуются члены совокупности зависимой переменной, ЭВМ выдает по программе результаты в виде контрольной выечатки вводимых массивов и массив коэффициентов для параболы. После этого вводят следующую порцию информации и счет может быть продолжен.

Само по себе параболическое интерполирование применяется достаточно широко при обработке экономической, таксационной и прочей информации, но не следует забывать о необходимости постоянного уточнения методов изучения различных явлений. Для удобства вычислений переменные y , x_1 , x_2 , x_3 и x_4 можно привести к стандартному масштабу, нормализуя все значения в матрице наблюдений относительно средних квадратических отклонений по факторам

$$y_i^c = \frac{y_i - \bar{y}}{\sigma_y^2}; \quad x_{qi}^c = \frac{x_{qi} - \bar{x}_q}{\sigma_q^2}$$

$$q = 1, 2, \dots, t, \quad i = 1, 2, \dots, m,$$

где i , q — номера строк и столбцов, необходимые для поиска отдельных элементов матрицы ($t=4$, $m=30$); σ_y^2 и σ_q^2 — дисперсии, характеризующие рассеяние данных ($\sigma_y = \sqrt{\sigma_y^2}$ и $\sigma_q = \sqrt{\sigma_q^2}$); y_i — отклик на воздействие совокупности факторов; x_{qi} — элемент матрицы независимых переменных; y_i^c и x_{qi}^c — преобразование

или стандартизованные переменные; \bar{y} и \bar{x}_q — средние значения, соответственно для отклика и отдельных факторов.

При упрощенной обработке, когда не требуются дисперсии и ковариации оценок коэффициентов регрессии, обращаются к более простым методам, не производя приведения к стандартной форме. В случае же использования ЭВМ целесообразно отдельно выдавать на печать таблицу стандартизованных данных. При использовании привязки к средней точке координат получают более универсальные решения в случае так называемых плохо обусловленных матриц (табл. 27).

27. Матрица стандартизованных данных

№ строки	1	2	3	4	5
	y	x_1	x_2	x_3	x_4
1	3,661	—0,844	3,632	1,548	0,528
2	3,619	—0,0844	4,508	1,308	—0,478
3	3,759	—0,131	4,500	1,482	—2,996
4	2,510	—0,968	2,779	1,131	—3,912
5	4,419	—0,768	5,438	1,569	—0,734
6	2,557	—0,699	3,664	1,686	0
7	4,265	—0,717	5,468	1,099	2,425
8	4,408	—0,489	5,866	1,065	3,011
9	4,625	—0,545	6,370	0,531	3,651
10	4,525	—0,612	6,068	0,531	3,140
11	4,779	—0,929	6,214	0,531	3,325
12	4,401	—0,598	5,701	0,875	3,114
13	4,824	—0,386	6,071	0,336	3,555
14	4,000	—0,504	4,927	0,916	2,542
15	5,054	—0,635	6,431	0,588	3,250
16	5,367	0,029	7,521	0,531	4,248
17	4,368	—0,174	6,408	0,642	3,842
18	4,818	—0,834	7,059	0,470	4,146
19	4,822	—0,999	6,032	0,588	3,481
20	4,787	—0,511	5,843	0,742	3,131
21	4,156	—0,622	5,791	0,642	3,434
22	3,608	—0,431	5,025	1,065	3,178
23	4,516	—0,155	5,904	0,788	3,325
24	4,687	0,262	6,242	0,531	3,892
25	4,426	0,182	6,317	0,588	3,795
26	5,704	0,239	7,004	0,833	4,144
27	4,997	—0,478	7,081	0,693	4,112
28	5,966	—0,101	6,838	0,742	4,200
29	5,165	—0,168	7,145	0,405	4,241
30	4,508	—0,270	7,015	0,531	4,405
Сред- ние	4,444	—0,471	5,829	0,833	2,557

Табличная форма записи облегчает просмотр данных, но обычно требуется установить характер взаимосвязи данных и зависимость между ними.

Коэффициенты эмпирических уравнений связи при независимых переменных могут служить показателями отзывчивости на проведение тех или иных мероприятий для определенных условий. Регрессионные уравнения для стандартизованных переменных удобно использовать для сравнения влияния независимых факторов x_i на переменную-отклик y . Направленность действия получаемых оценок b_i обозначают знаками при коэффициентах, а величина эффекта влияния на зависимую переменную пропорциональна абсолютным их значениям. Если же обстоятельства, сопутствующие углубленному проведению статистического анализа, достаточно ясны, то уравнения приводят к натуральному масштабу

$$y = e^{0,30648} x_1^{-0,08502} x_2^{0,68870} x_3^{0,15202} x_4^{-0,01797}.$$

Конкретное решение при использовании полученного выражения находится путем приведения его к логарифмическому виду

$$\log y = b_0 \log e + b_1 \log x_1 + \dots + b_m \log x_m.$$

Для вычисления в этих случаях используют логарифмическую линейку, настольные клавишные ВМ, имеющие операцию приведения к логарифмическому виду, а при массовом счете — ЭВМ. Для получения реалистической модели назначения мероприятий необходимо учитывать доверительные границы уравнения регрессии и изучить надежность или устойчивость всей описываемой системы. Соотношения или взаимосвязь переменных устанавливают с использованием показателей их корреляции. Ниже приведена формула для вычисления коэффициента корреляции

$$\eta = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{n \sigma_x \sigma_y} = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{n} \cdot \frac{1}{\sigma_x \sigma_y},$$

где x и y — переменные; \bar{x} и \bar{y} — среднеарифметические величины; n — число сравниваемых пар значений; σ_x и σ_y — среднесквадратические отклонения для соответствующих рядов.

Частные коэффициенты корреляции позволяют определить целесообразность включения в математическую модель отдельных переменных. Например, в качестве отклика приняты показатели лесокультурных работ по по-

сеу и посадке, а в качестве влияющих факторов — показатели основной производственной деятельности в денежном выражении относительной лесной площади, бонитировочной оценки насаждений и лесистости территории, в результате по 30 областям получены коэффициенты парной корреляции (табл. 28).

28. Коэффициенты парной корреляции

Переменные	Основные фонды	Капитальные вложения	Операционные затраты	Бонитет	Лесистость
Отклик — искусственное лесовосстановление вырубок	0,8660	0,9345	0,8949	—0,6596	—0,6582
Основные фонды	1,0000	0,9365	0,9775	—0,7681	—0,7523
Капитальные вложения	0,9365	1,0000	0,9705	—0,7957	—0,6545
Операционные затраты	0,9775	0,9705	1,000	—0,7785	—0,7431
Бонитет условий	—0,7681	—0,7957	—0,7785	1,0000	0,4778
Лесистость территории	—0,7523	—0,6545	—0,7431	0,4778	1,0000

В регрессионном анализе для выбора уравнения, обеспечивающего наилучшее представление взаимосвязи факторов, применяют метод всевозможных регрессий, методы исключения и включения, шаговый регрессионный и др. С использованием вариаций этих методов, коэффициентов корреляции и других статистических показателей можно сделать некоторые относительные выводы о всей совокупности принятых во внимание факторов производства. Коэффициенты корреляции могут быть высокими не только в случае прямой связи между явлениями, например между искусственным восстановлением и операционными затратами ($r_{yx_2} = 0,8949$); корреляция может наблюдаться и между явлениями, не связанными между собой или связанными косвенно, но у которых тенденции колебания изменений обусловлены одинаковыми причинами, например между распаханностью территории и интенсивностью искусственного восстановления вырубок ($r_{yx_1} = 0,7479$).

Методика статистического анализа и обработки наблюдений устанавливает целый ряд требований, связан-

ных с репрезентативностью выборки данных из генеральной совокупности и с характером функций распределения исследуемых величин. Регрессионные модели отражают поведение изучаемых факторов, причем в типичных условиях получения статистических данных. Поэтому показатели корреляции имеют довольно ограниченное значение, а надежность коэффициентов регрессионных уравнений обеспечивается в идентичных экспериментальных условиях. В отличие от регрессионных корреляционные модели требуют случайных выборок из генеральных совокупностей с нормальными распределениями переменных по всем изучаемым признакам (факторам). В противном случае затрудняется интерпретация коэффициентов корреляции, критериев значимости регрессии (по Фишеру). Вычисление коэффициентов парной корреляции представляет собой ковариацию, нормированную произведением стандартных отклонений

$$\mu_{ij} = \frac{\sum (x_{ij} - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n},$$

где $i \neq j$, а все прочие обозначения соответствуют ранее приведенным в формуле для подсчета коэффициентов парной корреляции. В ковариационной матрице по главной диагонали подчеркнуты дисперсии (общее рассеивание) случайных величин (табл. 29).

29. Ковариационная матрица и среднеквадратические отклонения

Переменная	Дисперсии					Средне- квадрати- ческое от- клонение
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	
y	9,9008	0,7146	0,7466	-0,1826	-9,0768	0,7483
x_1	1,9320	1,4397	1,5148	-0,3949	-19,2708	1,3899
x_2	1,4397	1,2232	1,1966	-0,3255	-13,3411	1,1060
x_3	1,5148	1,1966	1,2432	-0,3210	-15,2680	1,1149
x_4	0,3949	0,3255	0,3210	0,1368	3,2569	0,3698
x_5	-19,2708	-13,3411	-15,2680	3,2569	339,6669	18,4301

Дальнейший анализ проводят с целью выявления информативных факторов путем последовательного исключения независимых переменных. Коэффициенты множественной корреляции позволяют судить о том, насколько

повлияло на регрессионное уравнение изъятие какого-либо фактора из состава переменных. В табл. 30 приведены коэффициенты множественной корреляции, которые показывают, что исключение таких факторов, как бонитет или распаханность, а также тесно коррелирующего с операционными затратами соотношения по основным фондам вполне целесообразно. Статистический анализ подтверждает, что главным фактором при создании лесных культур являются операционные затраты.

30. Коэффициенты множественной корреляции и регрессии при последовательном исключении отдельных независимых факторов

Коэффициент множественной корреляции	Коэффициенты регрессии				
	ζ_0	ζ_1	ζ_2	ζ_3	ζ_4
$R_{y, 1, 2, 3, 4} = 0,89805$	0,3065	-0,0850	0,6887	0,1520	-0,0180
$R_{y, 2, 3, 4} = 0,89751$	4,1673	—	0,6819	0,1418	-0,0267
$R_{y, 1, 3, 4} = 0,75650$	4,2952	0,1184	—	-0,3596	0,1961
$R_{y, 1, 2, 4} = 0,89701$	0,5815	-0,0739	0,6702	—	-0,0318
$R_{y, 1, 2, 3} = 0,89777$	0,3259	-0,1062	0,6713	0,1832	—

С помощью регрессионных уравнений рассчитывают теоретические показатели и сравнивают прогнозируемые величины с фактическими значениями, по их разности (или остаткам) судят о правильности предположений о взаимосвязи факторов. Последовательно осуществляемый математико-статистический анализ дает возможность строить аналитические модели с учетом замысла исследований. Предлагаемые модели предназначены для использования в определенных условиях, связанных с территориальным ограничением исходных данных, послуживших для разработки математических формул. Необходимо принимать во внимание также относительный характер эмпирических выражений, учитывать достоверность и точность получения информации в производственных условиях. В связи с этим регрессионные уравнения нуждаются во всевозможной проверке. Рассчитанные по уравнениям теоретические значения сравнивают с контрольными фактическими данными. Отклонения теоретических и фактических откликов получили в статистике наименование остатков. Они исчисляются в абсолютном или относительном выражении. Так, доста-

точно известны вычисления отклонений от фактического состояния в форме процентов, сумм остатков и сумм-квадратов остатков (плюс или минус) в последовательном ряду распределения получаемых остатков. Для проведения анализа необходим высокий профессиональный уровень знаний специалистов, но и формально-математический подход многое дает, так как опирается на полученные в процессе расчета количественные соотношения.

Дополнение статистического подхода профессиональным анализом информации. Профессиональное рассмотрение обширных результатов вычислений облегчает интерпретацию итогов. Допустим, мы приступаем к изучению хода естественного возобновления (динамического процесса), которое обеспечивается многими путями: сохранением молодняка и жизнеспособного подроста (предварительным возобновлением ценными породами), последующим возобновлении с мерами содействия и сохранения экологических условий лесных местообитаний, способствующих появлению самосева после рубки. Одновременно соблюдение правил рубки, стимулирование уходов за почвой и другие мероприятия находятся в зависимости от технических и экономических факторов. Экономика получает отражение в показателях основных фондов предприятий, операционных затрат, капитальных вложений и др. Профессиональное рассмотрение статистических материалов бухгалтерской отчетности и лесоустроительной документации позволяет наметить структуру исходных данных для последующего математико-статистического анализа. В процессе профессионального анализа обращают внимание на выделение элементов структуры, обладающих содержательной информацией, тесно связанной с изучаемым процессом.

Для примера рассмотрим сложность структуры основных фондов предприятий и операционных затрат на лесное хозяйство. Основные фонды в лесном хозяйстве представляют здания, сооружения, автотранспортные средства, парк тракторов и оборудования (бензиномоторные пилы, рабочий скот и пр.). Земельные фонды и запасы древесины лесного фонда, несмотря на то, что они являются средствами (и предметами) труда, не учитываются в денежном выражении в составе производственных фондов предприятий, хотя проблемы бонитировки и оценки земель разрабатываются научными

учреждениями, осуществляется таксовая оценка лесосечного фонда при материально-денежной оценке лесосек. Учет основных фондов в балансе предприятия лесного хозяйства отражается по первоначальной их стоимости. Переоценку осуществляют по восстановительной стоимости, при этом основные фонды, связанные с воспроизводством лесов, учитывают в составе бюджетной отчетности. Износ их устанавливают при инвентаризации по проценту фактического износа. Восстановление основных фондов осуществляют за счет ассигнований из средств бюджета. Для целей моделирования желательно выделение тех основных фондов предприятий, которые связаны с лесохозяйственной деятельностью. Для этого необходимы учет основных фондов с подразделением по однородным группам, из которых они формируются, и выделение активной части основных фондов, тесно связанных с изучаемыми процессами. Операционные затраты — это затраты на лесохозяйственные, лесокультурные, лесозащитные, противопожарные, гидролесомелиоративные мероприятия, работы по устройству дорожной сети, на содержание аппарата лесхозов, общепроизводственные, а также по расходу материалов. Как и в случае привлечения к анализу данных об основных фондах, необходимо выявление групп операционных затрат, непосредственно или косвенно связанных с изучаемыми процессами, но сделать это в силу специфики бухгалтерского учета в лесном хозяйстве затруднительно.

Влияние экономических факторов можно рассматривать совместно с производственно-технологическими и природными условиями. Успешность естественного возобновления определяется типом леса, структурой насаждений, биологическими свойствами древесных пород, наличием семенных лет. Оно сохраняет более благоприятные водно-физические свойства почвы, что имеет важное значение для последующего формирования высокопродуктивных, устойчивых к воздействию внешних неблагоприятных факторов насаждений; в трудных условиях исключает необходимость применения лесовосстановительной техники. Естественное возобновление различают в зависимости от того, где оно протекает: под пологом леса или на вырубке.

Принятие административных мер по сохранению подраста с момента отводов насаждений в рубку актируют

в лесосечном фонде с учетом площадей, имеющих подрост, а при приеме лесосек учитывают его сохранность. Далее планируют мероприятия содействия естественному возобновлению на площадях с сохранением подроста, которые тесно связаны с проведением лесокультурных работ. В качестве моделей можно испытать линейную, составленную по типу зависимости

$$y = \alpha + \sum_i^m \beta_i x_i,$$

и мультипликативную функцию Кобба-Дугласа

$$y = e^{\alpha} \prod_{i=1}^m x_i^{\beta_i}.$$

В качестве факторов-аргументов можно испытать широкий набор показателей, отражающих влияние основных факторов экономики: капитальных вложений, основных фондов и операционных затрат, рассчитанных в стоимостном выражении на 100 га лесной площади, а также показателей по дорожной сети, лесистости, распаханности и др. Лесокультурные работы y , вычисленные как норматив относительно площади вырубок по 30 областям, следующим образом зависят от перечисленных в предыдущем параграфе факторов

$$y_1 = 40,6425 - 0,00800 x_1 - 0,23071 x_2 + 0,007795 x_3 + \\ + 0,13464 x_4 + 0,82106 x_5 - 4,80127 x_6,$$

где x_1 — основные фонды; x_2 — капитальные вложения; x_3 — операционные затраты; x_4 — лесистость; x_5 — распаханность; x_6 — дорожная сеть. Коэффициент множественной корреляции составил 0,85.

Степенная зависимость имеет характер

$$y_2 = e^{2,1577} x_1^{0,0951} x_2^{-0,0847} x_3^{0,2228} x_4^{0,00468} x_5^{0,0034} x_6^{-0,0296}$$

при коэффициенте множественной корреляции 0,89, т. е. линейная зависимость, имея более простую расчетную формулу, может быть принята как исходная модель для первоначального приближения.

Таксационные показатели насаждений на описанной лесной площади также могут послужить для ориентировки при установлении норматива лесокультурных работ. Продолжая нумерацию перемещенных аргументов и прини-

мая во внимание такие показатели, как средний объем хлыста x , среднюю высоту x_8 и диаметр x_9 , полноту насаждений x_{10} , бонитет x_{11} , средний запас на 1 га x_{12} , с учетом принятой в лесоустройстве размерности перечисленных величин получаем модель

$$y_3 = 217,238 + 47,2953 x_7 + 0,1084 x_8 - 2,0100 x_9 - \\ - 70,1120 x_{10} - 20,4404 x_{11} - 0,1472 x_{12}.$$

Коэффициент множественной корреляции 0,88. В виде подобных же зависимостей можно представить естественное возобновление вырубок и мероприятия по содействию возобновлению с сохранением подроста

$$y_4 = e^{4,2736} x_1^{-0,3626} x_2^{0,2873} x_3^{-0,1665} x_4^{0,2972} x_5^{0,0538} x_6^{0,0679} x_{11}^{0,6102}$$

при коэффициенте множественной корреляции 0,927. Следует, однако, учесть, что бюджетный характер финансирования в лесном хозяйстве и таксационные взаимосвязи в древостоях заставляют предполагать наличие вполне закономерной и не объяснимой статистической случайностью связи между переменными. Это относится к таксационным данным, связанным с запасами лесных массивов, а также к экономическим факторам производства: показателям основных фондов предприятий, капитальным вложениям и операционным затратам на проведение работ. Тогда при регрессионном анализе следует использовать какой-либо один показатель, а прочие выразить в виде относительных величин. Можно использовать общепринятый прием, когда установленные соотношения позволяют для получения обобщающих расчетных показателей применять поправочные коэффициенты. Так, анализ данных показал, что капитальные вложения для поступившей в обработку совокупности показателей составляют величину, близкую к 0,01 операционных затрат. Целесообразным оказалось дать основные фонды в форме отношения к операционным затратам, представив их в долях единицы. В качестве показателя условий местопроизрастания был принят средний бонитет насаждений. Лесистость территории по структуре земельных угодий тесно связана (или точнее находится как бы в теном соотношении) с другими компонентами, составляющими ландшафт территории: чем больше площадь пашни, тем ниже лесистость (коэффициент парной корреляции — 0,555). При производственном учете распахан-

ность территории фиксируют в материалах официальной отчетности более строго, чем при учете площадей для вычисления лесистости местности. Тогда норматив естественного возобновления и сохранения подроста на 100 га вырубаемой площади отражают с помощью эмпирической многофакторной степенной функции

$$y = e^{4,6535} x_1^{-0,5771} x_2^{-0,4086} x_3^{0,4840} x_4^{0,0961},$$

где x_1 — соотношение основных фондов и операционных затрат, доли единицы; x_2 — операционные затраты в лесном хозяйстве на 100 га лесной площади, руб; x_3 — средний бонитет; x_4 — распаханность территории, %.

Природный комплекс условий внешней среды характеризуется с помощью показателя бонитета. Экономические переменные уравнения свидетельствуют, что с ухудшением условий воспроизводства лесных ресурсов и повышением производительности земель лесного фонда оптимальное управление ориентирует на искусственное восстановление лесов, а значение естественного возобновления принимается во внимание уже не в первую очередь. Распаханность окружающих территорий — это косвенное свидетельство обеспеченности трудовыми ресурсами, если учесть сезонный характер работ по лесовосстановлению.

Предложенная модель имеет сложный характер. При рассмотрении переменных и их количественного выражения кажется парадоксальным, что независимые переменные имеют отрицательные значения показателей степени, свидетельствующие об обратной зависимости от экономических факторов производства. Однако модель полезна. С ее помощью можно рассчитать норматив целесообразного естественного поддержания процесса лесовосстановления в определенных условиях ведения лесного хозяйства. Трактовка же включенных в модель показателей должна быть следующей: с нарастанием интенсивности производственной деятельности наблюдается тенденция перехода к восстановлению лесов с применением искусственных приемов, обеспечивающих более рациональное использование лесной площади.

Математико-статистический анализ моделей призван подкреплять конкретными показателями то, что может быть интуитивно ясно с профессиональной точки зрения. Сравнивать следует коэффициенты при неизвестных в линейной модели, которые показывают степень изменения

отклика при изменении на единицу аргументов. В мультипликативной функции Кобба-Дугласа показатели степени отражают процент изменения отклика-функции при изменении независимой переменной на 1%. Подробнее этот тип связи может быть проанализирован по табл. 31. Учет влияния факторов, объясняющих варьирование зависимой переменной, отражается коэффициентом множественной детерминации, показывающим, что принятый ограниченный перечень позволяет в первом приближении использовать полученные модели. Рассуждения относительно включенных в уравнение регрессии факторов не должны ограничиваться только формально-математической стороной дела. Например, безусловно, что операционные затраты — основной фактор, введенный в уравнение, а распаханность территории — косвенный и может быть исключена из факторобразующих показателей.

31. Статистические показатели для регрессионного анализа

$$\text{зависимости типа } y = e^{\theta_0} \prod_{i=1}^4 x^{\theta_i}_i$$

θ_0	Частные коэффициенты регрессии				Фактор дисперсии
	отношение основных фондов и операцион- ных затрат θ_1	операцион- ные затра- ты θ_2 , руб.	бонитет θ_3 , баллы	распахан- ность θ_4 , %	
4,65351	—0,57708	—0,40857	0,48401	0,9639	10,2670
5,40189	—	—0,54447	0,41455	0,03728	9,52333
2,28720	—0,69780	—	0,78751	—0,03062	8,88824
5,52914	—0,54167	—0,46741	—	0,05224	9,9489
4,54958	—0,46302	—0,31536	0,31691	—	10,02726

Продолжение

θ_0	Стандартная ошибка оценки регрессии	Коэффициент множественной детерминации	Коэффициент множественной корреляции	Стандартная ошибка коэффи- циента множест- венной корреля- ции	Критерий Фиш- ера
4,65351	0,29895	0,7929	0,8905	0,04141	29,9330
5,40189	0,33788	0,7355	0,8576	0,05187	24,0992
2,28720	0,36814	0,68600	0,82825	0,06158	18,9339
5,52914	0,31618	0,76837	0,87657	0,04543	28,7493
4,54958	0,31203	0,77442	0,88001	0,04424	29,7523

32. Коэффициенты корреляции между факторами, связанными с мерами сохранения подроста и содействия естественному возобновлению лесов

Переменные	Отношение основных фондов и операционных затрат	Операционные затраты на 100 га лесной площади, руб.	Болигет, балл	Распаханность, %
Норматив (на 100 га выруб) мер сохранения и содействия возобновлению	—0,7070	—0,8469	0,7363	—0,7322
Показатель отношения основных фондов и операционных затрат	1,0000	0,6440	—0,5262	0,6880
Операционные затраты	—0,8469	1,0000	—0,7785	0,8667
Болигет	0,7363	—0,7785	1,0000	—0,5262

Исключение операционных затрат из состава уравнения снижает коэффициент множественной корреляции с 0,8905 до 0,8283 (исключение показателя отношения основных фондов и операционных затрат слабо повлияло на изменение коэффициента множественной корреляции). Коэффициенты корреляции между факторами, связанными с мерами сохранения подроста и содействия естественному возобновлению (табл. 32), позволяют интерпретировать взаимосвязь факторов. Норматив мер сохранения и содействия возобновлению снижается в связи с распаханностью ($R_{y,x_4} = -0,7322$) и операционными затратами ($R_{y,x_2} = -0,8469$), которые в свою очередь взаимосвязаны с распаханностью ($R_{x_2, x_4} = 0,8667$).

Моделирование естественного возобновления выруб.

Анализ материалов массовых обследований выруб инвентаризаций лесокультурного фонда в 1971—1972 гг. позволил выявить динамику зарастивания вырубленных площадей основными группами древесных пород и качественную оценку возобновления с учетом давности рубок. Зависимость отражается в форме эмпирических уравнений связи процента возобновления y с давностью рубки t . Аппроксимация по методу наименьших квадратов позволила получить интерполяционные формулы: параболического вида $y = a + bt + ct^2$ и полином 3-й степени $y = a + bt + ct^2 + dt^3$. Здесь a, b, c, d — коэффициенты (табл. 33, 34). Установленные зависимости обеспечи-

ваются сложившейся технологией лесосечных работ с сохранением жизнеспособного подроста, а также ходом последующего естественного возобновления по крупным регионам — экономическим районам (табл. 33, 34).

В Северо-Западном экономическом районе возобновительный процесс на вырубках длится 8—10 лет, кроме того, проходит предварительное возобновление под пологом леса. Площади, не возобновившиеся хвойными породами, через 8 лет после рубки имеют тенденцию к зарастанию мягколиственными или переходят в непокрытые лесом площади. Хорошее возобновление хвойными обеспечивается на 50—55% площади вырубок. В Центральном экономическом районе ход зарастивания вырубленных лесосек складывается к 6—8 годам. По хвойным породам о состоянии вырубок можно судить к 5 годам с момента рубки, причем хорошее возобновление обеспечивается хвойными на $\frac{1}{3}$ площади. В Волго-Вятском экономическом районе состояние вырубок определяется к 4—6 годам. Сосняки и мягколиственные породы обеспечивают некоторое возрастание облесения площадей в течение всего 10-летнего периода.

В таежной зоне естественное возобновление обеспечивает восстановление леса на основной площади лесосек. В зоне смешанных лесов диктуется хозяйственная необходимость искусственного вмешательства, которое должно стать основным методом. Возобновление главными породами идет здесь значительно хуже, наблюдается смена пород в нежелательном направлении. В связи с более интенсивным ведением лесного хозяйства в этих районах не всегда целесообразно допускать растягивание сроков естественного возобновления. Тенденции хода возобновления хвойными породами имеют сложный биологический характер: к какому-то периоду наступает фаза развития, требующая лесоводственных мероприятий, обеспечивающих преобладание хвойных. Характер и интенсивность возобновления могут быть рассчитаны на плановую перспективу 5—10 лет (см. рис. 11).

Процессы лесовосстановления и накопления площади невозобновившихся лесосек могут быть представлены как «взаимосообразные». Накапливаемые к какому-либо сроку площади, которые следует включить в лесокультурный фонд, могут быть подсчитаны по эмпирическим уравнениям (см. табл. 31). За ревизионный период меж-

**33. Эмпирические уравнения зависимости возобновления
вырубленных площадей y , %, от давности их вырубки t , лет**

Экономи- ческий район	Оценка возоб- новления	Эмпирическое уравнение
Северо- Западный	Хорошее	$y = 32,755 + 10,712 t - 0,5557 t^2$ $y = 32,430 + 11,001 t - 0,6182 t^2 +$ $+ 0,0038 t^3$
	Удовлетво- рительное	$y = 24,895 - 2,794 t + 0,1398 t^2$ $y = 23,510 - 1,565 t - 0,1266 t^2 +$ $+ 0,0161 t^3$
	Не возобно- вилось	$y = 42,368 - 7,917 t + 0,4155 t^2$ $y = 44,020 - 9,382 t + 0,7332 t^2 -$ $- 0,0192 t^3$
Централь- ный	Хорошее	$y = 24,030 + 13,631 t - 0,7811 t^2$ $y = 18,730 + 18,832 t - 0,1800 t^2 +$ $+ 0,0618 t^3$
	Удовлетвори- тельное	$y = 16,063 - 1,710 t + 0,0795 t^2$ $y = 14,937 - 0,711 t - 0,1371 t^2 +$ $+ 0,0131 t^3$
	Не возобно- вилось	$y = 59,847 - 11,882 t + 0,6970 t^2$ $y = 66,413 - 17,706 t + 1,9698 t^2 -$ $- 0,0655 t^3$
Волго- Вятский	Хорошее	$y = 49,187 + 10,678 t - 0,6788 t^2$ $y = 40,930 + 18,001 t - 2,2666 t^2 +$ $+ 0,0962 t^3$
	Удовлетвори- тельное	$y = 16,057 - 1,651 t + 0,0523 t^2$ $y = 15,023 - 0,734 t - 0,1464 t^2 +$ $+ 0,01204 t^3$
	Не возобно- вилось	$y = 34,723 - 8,986 t + 0,6190 t^2$ $y = 43,780 - 17,019 t + 2,3606 t^2 -$ $- 0,1056 t^3$

34. Эмпирические уравнения зависимости хорошего
возобновления y , %, основными породами от давности
рубки t , лет

Экономи- ческий район	Порода	Эмпирическое уравнение
Северо- Западный	Сосна	$y = 12,635 + 5,143 t - 0,3193 t^2$ $y = 6,596 + 10,499 t - 1,4805 t^2 +$ $+ 0,0704 t^3$
	Ель	$y = 14,332 + 3,808 t - 0,2186 t^2$ $y = 18,927 - 0,268 t + 0,6651 t^2 -$ $- 0,0536 t^3$
	Лиственные	$y = 5,788 + 1,761 t - 0,0178 t^2$ $y = 6,907 + 0,769 t + 0,1974 t^2 -$ $- 0,01303 t^3$
Централь- ный	Сосна	$y = 5,438 + 2,008 t - 0,0731 t^2$ $y = 0,270 + 6,592 t - 1,0670 t^2 +$ $+ 0,0602 t^3$
	Ель	$y = 10,162 + 2,926 t - 0,1830 t^2$ $y = 7,943 + 4,893 t - 0,6096 t^2 +$ $+ 0,0258 t^3$
	Лиственные	$y = 8,430 + 8,697 t - 0,525 t^2$ $y = 10,517 + 6,846 t - 0,1237 t^2 -$ $- 0,0243 t^3$
Волго- Вятский	Сосна	$y = 13,060 + 1,946 t - 0,0985 t^2$ $y = 12,520 + 2,425 t - 0,02023 t^2 +$ $+ 0,00630 t^3$
	Ель	$y = 16,935 + 4,003 t - 0,3678 t^2$ $y = 13,173 + 7,339 t - 1,0912 t^2 -$ $- 0,0438 t^3$
	Лиственные	$y = 19,147 + 4,751 t - 0,2136 t^2$ $y = 15,366 + 9,103 t - 0,9406 t^2 +$ $+ 0,0441 t^3$

ду двумя установленными сроками происходит следующее накопление площадей:

$$S = \sum_{i=1}^m \sum_{t=1}^n (100 - y_t^i) S_t^i = \\ = \sum_{i=1}^m \sum_{t=1}^n [100 - (a + bt + ct^2 + dt^3)] S_t^i,$$

где S — общая площадь невозобновившихся лесосек за n лет; m — количество хозяйственных секций; t — дата, порядковый номер года; S_t^i — площадь вырубок t -го года в i -й хозяйственной секции ($t=1, 2, \dots, n$).

Знаки в выражении, заменяющем y , носят алгебраический характер (\pm) и проставляются в соответствии с конкретным представлением, задаваемым в эмпирических уравнениях из табл. 31. Аналогично можно представить формулу для подсчета суммы площадей невозобновившихся лесосек и возобновившихся мягколиственными породами, т.е. площадей, требующих культурно-технических мероприятий.

Регулирование разбалансированности пользования и восстановления леса можно представить в виде следующей модели:

$$\text{если } \sum_{i=1}^m L_i c < \sum_{i=1}^m \sum_{t=1}^n (100 - y_t^i) S_t^i + S_0^i,$$

$$\text{тогда } N = a + a_1 x_1 + \dots + a_n x_n,$$

где $\sum_{i=1}^m L_i c$ — нормальная площадь естественного возобновления по i -й хозяйственной секции; L_i — расчетная лесосека; c — период возобновления; x_1, \dots, x_n — действующие факторы; S_0^i — лесная не покрытая лесом площадь на начальную дату расчета; y_t^i — возобновление лесосек к установленному сроку (например, по нормативам), %; N — норматив мероприятий по лесовосстановлению; a, \dots, a_n — коэффициенты линейных регрессионных уравнений; $i = (1, \dots, m)$; $t = (1, \dots, 10)$.

Дальнейшее развитие моделирования природно-хозяйственных процессов может быть направлено на углубление описания их динамики, например с выделением по-

сева и посадки леса или с учетом динамики развития травянистой растительности в зависимости от применяемых машин и орудий либо способов подготовки почвы.

Моделирование процессов искусственного лесовосстановления. При выявлении соотношений по затратам и назначении способов лесовосстановления, помимо лесорастительных условий, учитывают технико-экономические факторы воспроизводства лесных ресурсов. Для анализа первичные данные собирают и обрабатывают по возможно более детальным административно-хозяйственным подразделениям и единицам, например лесхозам, чтобы уловить всю мозаику для выявления сравнительной эффективности организации производственной деятельности. Стоимостные показатели приводят к сопоставимому уровню цен, устанавливаются целевые или нормативные состояния площадей хозяйственных объектов. В связи с этим оперируют не только суммарными итоговыми показателями, но и производными или относительными оценками, исчисляемыми на единицу площади, например 100 или 1000 га. Для планирования в масштабах экономических районов или республик удобно пользоваться регрессионными моделями. Например, по РСФСР объем лесокультурных работ может быть установлен нормативно при наличии сведений об операционных затратах на 100 га лесной площади по формуле $y = 7,0384 + 0,1716x_3$; при ориентации на наличные основные фонды по формуле $y = 30,0235 + 0,1425x_1$; при ориентации на затраты труда на 1 тыс. м³ отпущенной древесины по формуле $y = 59,4594 + 6,09601x_{14}$ (x_{14} — отпуск леса, тыс. м³). Напомним, что x_1, x_2, x_3 — соответственно основные фонды, капиталовложения и операционные затраты на 100 га лесной площади, руб.; x_6 — протяженность дорожной сети на 100 га лесной площади; x_{11} — средний бонитет условий местопроизрастания; x_4 и x_5 — лесистость и распаханность, % к общей площади. По материалам 53 областей европейской части РСФСР получено эмпирическое уравнение перечисленных выше показателей $y = 86,9703 - 0,03820x_1 + 1,5888x_2 + 0,05894x_3 - 1,09978x_4 + 0,13581x_5 + 25,8746x_{11}$ при значении коэффициента корреляции 0,947.

Коэффициенты множественной корреляции и линейной регрессии, аналитически описывающие влияние основных факторов производства как по отдельным эконо-

мическим районам, так и в целом по РСФСР, приведены в табл. 35.

35. Множественный регрессионный анализ связи лесокультурных работ на 100 га вырубок с экономическими факторами производства (на 100 га лесной площади)

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3$$

Экономический район	Число областей	Коэффициент множественной корреляции	Свободный член уравнения
Северо-Западный	8	0,991	7,2259
»	8	0,955	15,8497
Центральный Волго-Вятский	11	0,736	61,6241
и Центрально-Черноземный	11	0,593	61,9157
Европейская часть РСФСР	54	0,901	14,3879
РСФСР	71	0,910	22,3377
СССР	85	0,498	56,7761

Продолжение

Экономический район	Коэффициент переменных, руб. на 100 га			Среднее по y , га
	основных фондов	капитальных вложений	операционных затрат	
Северо-Западный	—0,2499	0,4964	0,3884	44,04
»	0,2284	0,0861	—	44,04
Центральный	—0,0820	—0,0858	+0,2099	97,29
Волго-Вятский	0,0099	1,3941	0,0846	135,8
и Центрально-Черноземный				
Европейская часть РСФСР	0,00507	14,4100	0,01814	117,47
РСФСР	0,04673	14,1643	—0,0299	96,99
СССР	0,1166	0,1765	0,0117	96,88

Полученные модели носят приближенный характер. На адекватности регрессионных моделей сказываются в нашем случае географическая их привязанность, влияние ареала, в пределах которого исследованы включенные в

анализ данные. Разделение изученного ареала на части, например в границах экономических районов, дает совокупность моделей, обеспечивающих лучшее расчетное приближение нормативных показателей.

Принятие решений по рациональному использованию ресурсов с назначением искусственных мероприятий, например посадки лесных культур, — вопрос, находящийся в компетенции лесоводов, а не математиков. В табл. 36 приведены модели, позволяющие сравнить три варианта установления нормативов лесокультурных работ по данным корреляционного анализа. Эти модели уже в первом приближении позволяют изучить тенденции развития сложных природно-хозяйственных процессов и осуществить этап программного планирования задач восстановления лесных богатств. На математических моделях можно опробовать различные варианты решений и установить даже такие случаи, которые возможны, но допустить их нельзя. Оптимальные же решения рационального использования природных ресурсов позволят обеспечить сохранение окружающей среды при одновременном удовлетворении потребностей в получении продуктов древесины, использовании лесов для целей отдыха и здоровья людей и т. п.

36. Парная корреляция между переменными (наблюдения по 30 областям)

Зависимые переменные на 100 га вырубок	Основные фонды	Капиталь- ные вложе- ния	Операцон- ные затраты
---	-------------------	--------------------------------	--------------------------

Парная корреляция с нормативами лесовосстановления
(связь фактов с функцией-результатом)

Лесные культуры, 1-е экс- пертное решение	0,9145	0,9204	0,9430
Лесные культуры, 2-е экс- пертное решение	0,8737	0,8313	0,8674
Фактические посадка и по- сев	0,8660	0,8635	0,8949

Корреляционная связь факторобразующих переменных

Основные фонды	1	0,9365	0,9775
Капиталовложения	—	1	0,9705
Операционные затраты	—	—	1
Дорожная сеть	—	—	—
Бонитет	—	—	—
Распаханность	—	—	—

Зависимые переменные на 100 га вырубок	Дорожная сеть	Бонитет	Распахан- ность	Лесистость
---	------------------	---------	--------------------	------------

Парная корреляция с нормативами лесовосстановления
(связь фактов с функцией-результатом)

Лесные культуры, 1-е экс- пертное решение	0,6082	—0,7247	0,8303	—0,6668
Лесные культуры, 2-е экс- пертное решение	0,4705	—0,8044	0,8133	—0,5784
Фактические посадка и по- сев	0,5455	—0,6596	—	—

Корреляционная связь факторобразующих переменных

Основные фонды	0,6166	—0,7681	0,8833	—0,7451
Капиталовложения	0,5768	—0,7957	0,8426	—0,6336
Операционные затраты	0,6057	—0,7785	0,8667	—0,7278
Дорожная сеть	1	—0,3073	0,5526	—0,5646
Бонитет	—	1	0,7971	0,4417
Распаханность	—	—	1	—0,5550

Экспертные решения и фактические объемы лесовосстановительных работ в разной степени коррелируют с основными показателями, характеризующими объекты исследований. Следует учитывать, кроме того, возможные стремления по целенаправленности лесовосстановительных процессов (в определенном строго ограничиваемом плане). Это обстоятельство также должно приниматься во внимание при рассмотрении коэффициентов парной корреляции. Парная корреляция между переменными отражает высокую степень взаимосвязи основных фондов, капитальных вложений и операционных затрат в лесном хозяйстве. Распаханность территории высоко и прямо коррелирует с объемами лесовосстановления, а лесистость находится в более слабой обратной зависимости от зарастивания лесными культурами: чем меньше лесистость, тем интенсивнее искусственное восстановление леса. Бонитет отражает тенденцию к более быстрому зарастиванию лесом в лучших условиях произрастания. Отрицательный знак при коэффициенте корреляции вызван особенностью бонитировочной шкалы: чем выше класс бонитета, тем меньше характеризующая его качественная цифра: Va, V, IV, III и т. д. Перечисленные показатели

могут быть представлены и в иной форме, отражающей их взаимосвязь с искомыми нормативами. Кроме того, сами результаты, или нормативные показатели, могут быть установлены по-разному.

37. Парная корреляция между лесными культурами (откликом) и независимыми переменными по 30 областям европейской части РСФСР

Вычисление зависимой переменной	Основные фонды	Капитальные вложения	Операционные затраты	Дорожная сеть	Бонитет
На 100 га вырубок	0,9145	0,9204	0,9430	0,6082	—0,7247
На 100 га лесной площади	0,6446	0,7071	0,6871	0,4000	—0,5373

В табл. 37 приведены показатели парной корреляции при вычислении зависимой переменной относительно площади вырубок и лесной площади. Более высокая коррелированность с площадью вырубок объясняется взаимосвязью технико-экономических показателей и основной деятельности предприятий по рубке и восстановлению леса.

Площади, подлежащие искусственному возобновлению, могут характеризоваться в моделях с выделением их качественного состояния на перспективу. Например, целесообразно моделировать динамику развития травянистой растительности по способам подготовки почвы, приживаемость лесных культур, состояние возобновления при посеве и посадке и др. В пределах допустимых границ действия модели позволяют давать прогнозы последовательного развития изучаемых процессов, устанавливать моменты наступления желательных или нежелательных событий на заранее намеченные даты. От этапа прогнозирования можно переходить к этапу планирования, опираясь на варианты полученных решений.

Отражения закономерностей роста древостоев. Решение оптимизационных задач для древостоев завершается выбором лучшей стратегии управления для достижения поставленной цели получения максимальной производительности и продуктивности. При этом модель древостоя и его динамики может быть в виде опи-

сания рядов распределения таксационных параметров, что позволяет отразить совокупность параметров таблиц хода роста (или даже несколько шире) с добавлением дополнительных сведений в виде функций для выражения общих закономерностей роста древостоев или в виде построенных на ЭВМ ситуационных планов с воспроизведением динамики роста и развития древостоев. Последняя модель включает использование первых двух с добавлением геодезического или пространственного расположения деревьев на описываемой площади. Для решения отдельных задач можно принять одну из указанных моделей или какую-либо иную. Показатель условий местопроизрастания и переменные лесотаксационные показатели в совокупности воспроизводят в их динамике и привязывают к конкретному исследованному объекту, для которого варьируют условия управления; реализуют эконометрический подход.

Вопросы определения оптимальной густоты привлекают внимание ученых, в частности К. Б. Лосицкий и В. С. Чуенков (1973) признают густоту одним из главных факторов формирования и развития древостоев. Н. П. Георгиевский (1960) отметил, что густоту, обеспечивающую максимальный текущий прирост, нельзя рассматривать безотносительно, а следует иметь в виду оптимальную густоту, которая обеспечивает быстрое наступление смыкания крон деревьев, высший запас и общую продуктивность к определенному возрасту древостоя и т. д. Отвлекаясь от биологических свойств растений и опираясь на изучение факторов пространства, К. Б. Лосицкий и В. С. Чуенков (1973) предлагают устанавливать число стволов с использованием коэффициента Бекинга

$$N = \frac{10000}{0,866 \left(\frac{\alpha H_0}{100} \right)^2},$$

где N — число стволов на 1 га; H_0 — верхняя высота, м; α — коэффициент Бекинга, рассчитываемый в процентах по формуле $\alpha = L \cdot 100 / H_0$ (L — среднее расстояние между деревьями, м).

Из формулы неясно, как устанавливаются оптимальные значения густоты. Автор предлагает проводить обстоятельные исследования на пробных площадях, закладываемых в молодняках; для сосны он рекомендует коэффициент Бекинга в молодняках I класса 18 и

для ели 21%. В целом же явно нарушены условия постановки задачи для осуществления оптимальных (на максимум или минимум функционала) решений.

В ряде зарубежных стран к вопросам густоты подходят по принципу получения максимального дохода при минимальных затратах, и в зависимости от экономических условий принимают такую густоту, которая должна обеспечить к возрасту главной рубки максимальный доход от продажи древесины при минимальных затратах на лесовыращивание. В США предложена следующая оценка густоты насаждения: $\lg n = a \lg d + b$. Здесь d — средний диаметр деревьев; n — число деревьев на акре; $a = 1,598$ и $b = 4,165$ для белой сосны.

Густота тесно коррелирует со средним диаметром насаждения и менее значительно с возрастом и бонитетом, однако при одном и том же возрасте и бонитете густота может быть разной.

На основе 18-летних наблюдений за посадками ели различной густоты (680—100 тыс. шт/га) Л. А. Кайрюкшис и А. И. Юодвалькис (1975) пришли к выводу о сложной динамике наращивания запаса при развитии насаждений. Максимальный запас в молодом возрасте при естественном развитии насаждений может привести к снижению продуктивности в последующем. Оптимальное количество деревьев в еловых молодняках связывается исследователями с критическим расстоянием между кронами и со средней высотой

$$y = 73,249 - \frac{24,769}{x} \ln N,$$

где y — критическое расстояние между кронами деревьев, см; H — высота деревьев, м (0,5—5).

Оптимальное число деревьев N' на единице площади, при котором обеспечивается максимальный прирост,

$$N' = \frac{12080}{\left(D + 0,73 - \frac{0,25}{H}\right)^2},$$

где D — диаметр кроны, м.

Прирост ели по высоте $y = 162 - 11,6 \ln x$, где y — прирост ели по высоте, % от свободно растущих; x — количество деревьев на 1 га. Подобная закономерность складывается к 20-летнему возрасту: чем выше густота, тем меньше прирост по таксационным параметрам отдельных стволов.

Из представленных наблюдений можно сделать вывод, что густота оптимальна для выращивания древостоя, если она не поддерживается самопроизвольно, путем естественного отпада, а регулируется, например, рубками ухода с применением метода парных сравнений на контрольных и изреженных рубками ухода площадях. А. М. Кожевников и Р. Л. Терехова (1975) доказывают с вероятностью 0,95, что рубки ухода средней интенсивности в высокополнотных сосновых молодняках и приспевающих насаждениях снижают текущий прирост в среднем на 15 и в средневозрастных на 8—10%. Интенсивность и частота рубок ухода составляют при этом самостоятельную особенность.

Представления о хозяйственно-целесообразных и эталонных лесах были развиты за последнее время целым рядом лесоводов. В их работах нашло отражение и решение задач, связанных с густотой, под которой иногда понимают изменение с возрастом числа стволов на 1 га. По К. Б. Лосицкому и В. С. Чуенкову (1973)

$$N_t = N_a e^{-(a + b N_a) t},$$

где N_t — первоначальная густота; t — возраст древостоя; a и b — константы, зависящие от породы и условий местопроизрастания.

для сосны $N_t = N_{10} \exp [-(0,3990 - 1,0605 \cdot 10^{-4} N_{10}) t]$;

для ели $N_t = N_{10} \exp [-(0,3880 - 1,0600 \cdot 10^{-4} N_{10}) t]$.

Следует обратить внимание, что для таксатора первоначальная густота складывается к возрасту 10 лет. Естественный эксперимент обнаруживает аналитическую ситуацию даже позже.

По Г. Ф. Хильми (1957), прогноз самонзреживания

$$v = \bar{v} \left(\frac{v_0}{\bar{v}_0} \right)^{e - a(t - t_0)},$$

где v_0 — начальная плотность в момент t_0 ; \bar{v}_0 — предельная плотность; a — коэффициент самонзреживания ($a = c\lambda/\sigma$); λ — поток физиологической радиации; σ — потребность породы в световой энергии, c — безразмерная постоянная.

Пояснения: а) под плотностью понимают число деревьев, приходящихся на единицу площади; б) $\bar{v} = K/h_0$ (K — инварианта самоизреживания, h_0 — высота насаждения в возрасте 30 лет); в) \bar{v} — плотность в возрасте 30 лет.

Более абстрактно описывают явления математики. Для решения дифференциального уравнения $dx/dt = \epsilon x$ предлагается закон изменения численности $x(t)$ в виде

$$x(t) = x(t_0) e^{\epsilon(t - t_0)},$$

где t_0 — момент начала наблюдений; $x(t_0)$ — количество организмов в этот момент; ϵ — специфическая (врожденная) скорость естественного изменения популяции. Уравнение получено Мальтусом в 1802 г., а в 1845 г. Ферхюльст-Перл предложил уравнение, учитывающее внутривидовую борьбу,

$$dx/dt = \epsilon x - \delta x^2, \quad \epsilon > 0, \quad \delta > 0$$

(δ — коэффициент внутривидовой конкуренции).

Для лимитированной популяции (А. А. Гимельфарб и др., 1974) его приводят к виду

$$1/N \dot{N} = \epsilon (\theta - \gamma(0) N).$$

Здесь ϵ — удельная скорость роста в отсутствие лимитирования; $\gamma(\theta$ — коэффициент лимитирования; θ — параметр, символизирующий состояние среды; $1/NN = \phi(N, \theta)$.

При перечислении дивизиона решаемых путем моделирования вопросов выделены задачи, давно уже привлекавшие внимание лесоводов. В частности, установление интенсивности и норм проме-

жудочного лесопользования, необходимых для организации рубок ухода. А. И. Тарашкевич (1935) предложил методику вычисления запаса наращивания и отпада, А. С. Матвеев-Мотин (1936, 1962) — классификацию интенсивности рубок ухода за лесом и нормы выборки древесины при рубках ухода. Запас наращивания оценивают для деревьев, доживших до момента, когда в древостое таксируется прирост. Определив запас древостоя несколько лет назад и запас наращивания, вычисляют отпад или размер нормального промежуточного использования. По А. С. Матвееву-Мотину (1962), нормы промежуточного пользования в зависимости от возраста и происхождения древостоев отражаются формулами: для семенных деревьев $p = (48,17/a) + 0,8$; для порослевых древостоев $p = (61,55/a) + 0,55$. Здесь p — запас промежуточного пользования, % к среднеарифметическому запасу главной части древостоя за период наращивания массы; a — возраст, к которому относится момент вычисления прироста. При этом интенсивность рубок в древостое (решение вопроса о необходимости оставить полноту к следующей рубке без изменения, увеличить ее или снизить) данными моделями не предусматривается. Здесь требуется более дифференцированный подход с учетом общей массы или запаса древостоя.

Изучение различных данных показывает разный подход к решению проблемы: теоретическое обсуждение на математической или таксационно-лесоводственной основе, а также эмпирическое обоснование в результате натурных наблюдений таксационных выделов и пробных площадей. Методы моделирования протекающих процессов также разнятся между собой — от биогеофизических представлений на основе анализа дифференциальных уравнений до табличных моделей, но поиск показывает стремление дать количественное выражение густоты, опираясь на какой-либо критерий оптимальности. Общую оценку затрудняет необходимость иметь дело с природным проявлением процессов возобновления, роста и развития леса.

Изыскания в области приложения математики к биологии являются результатом стремления изложить массовые явления в строго доказательной форме. Здесь и возникает то противоречие, которое вызывается поиском закономерностей в массовых случайных проявлениях природы: между случайностью и закономерностью. Математик описывает приложение определенного интеграла к биологическому явлению: численности или биомассе популяции — непрерывной функции времени. Это довольно сильное абстрагирование явления; гипотеза верна только в строго определенных условиях. Приняв, что известна скорость роста популяции $v(t)$, можно найти прирост численности за промежуток времени от t_1 до t_2 . Скорость роста предполагается производной от численности популяции в какой-либо определенный момент времени. Возрастание ее при отсутствии ограничений ресурсов питания носит экспоненциальный характер $v(t) = ae^{kt}$. Численность к определенному моменту ($N(t_1)$)

$$N(t_1) = N(t_0) + a \int_{t_0}^{t_1} e^{kt} dt = N(t_0) + \frac{a}{k} e^{kt} \Big|_{t_0}^{t_1} =$$

$$= N(t_0) + \frac{a}{k} (e^{kt_1} - e^{kt_0}).$$

Подобные предписания годятся только для строго контролируемых условий, в которых время выявляет определенную численность особой популяции. В природных условиях ориентироваться на подобный подход нельзя, так как помимо времени требуется еще ряд условий, чтобы успешно регулировать производственные факторы. Иными словами, предположения о структуре какой-либо функции, множестве ее свойств и решений нуждаются в экспериментальной проверке и подтверждении. Например, модель Г. Ф. Хильми (1957) требует данных о состоянии древостоя в 30-летнем возрасте, которые трудно получить при изучении насаждения в каком-либо другом возрасте при полноте модальных, а не полных насаждений.

Таким образом, целесообразен дальнейший поиск математической постановки задачи, так как ни одна из перечисленных моделей не позволяет последовательно изучить динамику роста (изреживания) древостоев, исходя из первоначальной густоты, чтобы получить ответы на поставленные вопросы.

В ряде случаев в качестве критерия принимают отвлеченно рассматриваемый показатель — текущий прирост, расчетный показатель — средний прирост, которые нельзя непосредственно измерить как диаметр или высоту; они являются производными величинами, получаемыми после расчета запаса и оценки возраста. Переход к представлению оптимального состояния путем сравнения с эталонными лесами также страдает существенным недостатком: вместо общего системного описания есть характеристики эталонных участков отдельных основных древесных пород.

В вопросах управления воспроизводством лесных ресурсов важно исходить из таких принимаемых решений, чтобы в течение всего периода выращивания насаждений эти решения соответствовали условиям роста и развития древостоя, дающих в конечном итоге оптимальный суммарный эффект. При решении задач комплекс экономических факторов производства и природно-экологических условий диктует выбор древесных пород-лесообразователей, состав насаждений, назначение первоначальной густоты посадки или содействие возобновлению лесов. В процессе же лесовыращивания взаимоувязываются рост и развитие древостоев (по фазам, группам или классам возраста) и производственные циклы хозяйственных мероприятий.

Модель роста и развития чистого насаждения. В начальный период высаживают количество растений $x(0)$; к концу t -го года остается количество $x(t)$, на которое могут влиять факторы естественного отпада и лесоводственные мероприятия — рубки ухода, мелиоративные и др. Время изменяется дискретно благодаря сезонности развития древесных растений, т. е. $t=0, 1, \dots, M$. В каком-либо $t+1$ году прирост и продуктивность насаждений в результате рубок и отпада создадут производи-

тельность древостоя $ax(t) - u(t+1)$, т. е. $x(t+1) = ax(t) - u(t+1)$, $t=0, 1, \dots, N-1$. Доход как функция продуктивности за N лет составит

$$D = f(u(1)) + \dots + f(u(N)) = \sum_{t=1}^N f(u(t)).$$

Должны выполняться условия: $u(t) \geq f$; $t=0, 1, \dots, N$; $x(N) = c$; $ax(t) \geq u(t+1)$. Первое условие учитывает промежуточное лесопользование, третье — необходимость достижения целевого состояния запасов насаждения к концу срока выращивания в течение N -го периода. Последнее условие предупреждает истощительное промежуточное лесопользование, ведущее к расстройству системы. Задается траектория выращивания, обеспечивающая наибольшую интенсивность накопления продукта по запасу древостоя или эстетическим свойствам и т. д.; $x(t+1) = f(x(t))$; $u(t+1)$; $t=0, 1, \dots, N-1$. Придав определенное начальное состояние $x(0)$ и наметив характер управления $u(1), \dots, u(N)$, можно по этой формуле проследить ход состояния системы. Чтобы выбрать начальное состояние с густотой, обеспечивающей приживаемость растений в нужном количестве, и определенное регулирование роста и развития древостоя, необходимо выполнять условия: $u(t) \in u$; $t=1, \dots, N$; $x(N) = e$. Достижение определенного состояния в момент t в точке $x(t)$ при выборе управления $u(t) \in u$ требует затрат $y(x(t), u(t))$, где y известная функция. Выбор траектории требует суммарных затрат

$$\begin{aligned} Z &= \varphi(x(1), u(1)) + \dots + \varphi(x(N), u(N)) = \\ &= \sum_{t=1}^N \varphi(x(t), u(t)). \end{aligned}$$

В процессе решения требуется обеспечить дискретный принцип максимума: ежегодно допускать отпад и промежуточное пользование $v(t)$ и максимальное наращивание древесины $ax(t)$, чтобы в конце иметь запас c или иное предписанное состояние древостоя. Начальное состояние $x(0)$, обеспечивающее достижение этих условий, будет оптимальной густотой посадки.

Отдельные фазы развития рассматриваются с введением дополнительных ограничений на переменные в

течение срока выращивания. Для конкретно установленных задач процесс оптимизации строится с той фазы, с которой реально прослеживается какой-либо природно-хозяйственный процесс. Например, оптимизацию густоты посадки целесообразно проследить с фазы приживания. Решение задачи состоит в нахождении допустимых условий выращивания насаждений. Осуществляют решение с использованием методов дробно-линейного программирования с помощью функционала, представленного в виде дроби, у которой числитель и знаменатель являются линейными формами. В ходе решения минимизируют затраты на выращивание леса и ставят цель получения максимального количества продукции к концу срока выращивания.

Глава X

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБОВ ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ

Программное планирование размещения лесовосстановительных работ. В начале 60-х годов была создана система оптимального подхода на основе использования экономико-математических методов и ЭВМ для принятия научно обоснованных решений, позволившая разработать форму программного планирования. Главным при этом является достижение целей, поставленных перед народным хозяйством. Цели перед лесным хозяйством сформулированы в развернутом постановлении ЦК КПСС и Совета Министров СССР «Об усилении охраны природы и улучшении использования природных ресурсов» (1972). Постановление предусматривает обеспечение рационального использования лесных ресурсов в стране, повышение продуктивности лесов и их своевременное воспроизводство, организацию охраны и защиты от лесных пожаров, вредителей и болезней. Установлены требования по сохранению водохранимых и защитных лесов, систематическому контролю за проведением работ по борьбе с эрозией почв и другим общим мероприятиям. Программное планирование позволяет охватить или принять во внимание весь сложный комплекс системы управления, исходя из директивных задач.

Процесс программного планирования охватывает ряд этапов: прогнозирование, формулирование общей программы в виде конечных целей, планирование и контроль за реализацией программы. На этапе прогнозирования намечают различные варианты роста и развития производства; затем выбирают варианты, удовлетворяющие потребности общества; на этапе планирования дают контрольные цифры и предусматривают оптимальные темпы и пропорции развития хозяйства. Следует учитывать, что лесоводам приходится иметь дело с природными условиями и биологическими особенностями роста лесов. Основу управленческой деятельности в лесном хозяйстве составляют контроль состояния, охрана и сбережение лесных богатств, стремление к обеспечению повышения продуктивности и производительности лесов.

Путем натурного обследования площадей выявляют природно-хозяйственные сравнимые регионы: горельники, вырубki определенного типа, редины и т. д.; подбирают региональные технологические схемы лесовосстановления, приспособленные к местным условиям; составляют проекты и сметы производственных операций; выбирают варианты решений и намечают для них уровень допустимых материально-денежных затрат. Частично такую последовательность действий реализуют при составлении проектов лесных культур, проведении ежегодной инвентаризации лесных культур, питомников, содействия естественному возобновлению леса.

При программном планировании прежде всего выявляют узловые виды деятельности, обеспечивающие возможность проведения хозяйственных мероприятий с момента начала работ до перевода насаждений в покрытую лесом площадь, т. е. вместо пооперационного описания на основе расчетно-технологических карт выполняют ситуационный анализ и моделирование процессов в различных природных и экономических условиях. Для этого устанавливают математико-статистические зависимости восстановления леса по типам условий местопроизрастания и связь процессов с хозяйственными мероприятиями во времени и в пространстве; определяют экономические зависимости и цели ведения хозяйства. Управление проведением мероприятий более эффективно благодаря возможности опреде-

лить, как и когда правильное соразмерить и распределить земельные, лесные, трудовые и денежные ресурсы. Это уже предполагает подход к решению задачи, предусматривающий оптимальный выбор решений.

Общий характер динамики площадей, которые на каком-то этапе включают в лесокультурный фонд, можно рассмотреть в форме информационно-логической модели. Последовательно следует проанализировать хозяйственную трансформацию покрытых и не покрытых лесом площадей, гидролесомелиоративного фонда. Покрытые лесом площади к какому-то сроку начинают относить к лесосечному фонду. Интерес представляют учетные сведения о лесосеках текущего года и прошлых лет вырубки. Структуру их представляют с учетом групп лесов, тяготения к сплаву или вывозке по железным дорогам, степени захламленности и особенностей хозяйственных секций (хозяйств). Гидролесомелиоративный фонд и другие мелниорируемые земли, подлежащие заращиванию лесом, составляют самостоятельную учетную категорию. В лесокультурный фонд включают площади, требующие окультуривания: редины, гари, прогалины и пр. Моделирование воспроизводства леса становится необходимым условием изучения хозяйственных процессов. По каждому классу и подклассу угодий оно может быть осуществлено аналогично тому, как было продемонстрировано на примере изучения динамики заращивания вырубок.

По данным Е. В. Полянского и В. Д. Димитрова (1973), в Ленинградской области 69% лесных культур создают на вырубках (из них 48% давностью 1—2 лет, 10% — 3—5 лет и 11% более старых) 4% на гарях, 5% на прогалинах и пустырях, 1% на площадях погибших и списанных лесных культур, 6% на осушенных болотах, 1% на отработанных карьерах, 13% на площадях, занятых реконструируемыми молодняками, и 1% под пологом леса. Приведенные данные с использованием информационно-логической модели показывают сложный характер ресурсов земель, планируемых под заращивание.

При наличии основы (базиса) в лесокультурном фонде в виде необлесившихся лесосек, гарей, прогалин, пустырей, редин и погибших насаждений для каждого выдела устанавливают какое-либо определенное меро-

приятие, способствующее воспроизводству леса. На определенную дату, например на 1 января N-го года обследования, актуализируют данные состояния угодий с момента проведения мероприятий по лесовосстановлению: аэросева, содействия естественному возобновлению или создания лесных культур. Эти же площади характеризуют по составу возобновления определенными группами древесных пород (хвойных, твердолиственных и т. д.); оценивают состояние возобновившихся площадей и назначают мероприятия для лесных не покрытых лесом площадей: перевод в покрытую лесом площадь, оставление под дальнейшее заращивание, содействие естественному возобновлению, или лесокультурные мероприятия, реконструкцию, а также перевод в сельскохозяйственные угодья. Весь лесокультурный фонд характеризуют по степени увлажнения (табл. 38), по потребности в осушении и доступности в течение ближайших 5 лет. Совокупность оценок о хозяйственном состоянии площадей позволяет наметить лесокультурный фонд. Ежегодная корректировка информации о динамике текущих лесосек и переводе возобновляемых площадей в покрытую лесом площадь (или «несомкнувшиеся лесные культуры») дает представление о балансе лесокультурного фонда, при этом учитываются сплошные вырубki с сохранившимся подростом. Рассмотренную схему можно перевести в форму автоматизированной системы плановых расчетов (АСПР).

Разнообразие почвенно-климатических условий приводит к различию производительности лесов. В зависимости от интенсивности ведения лесного хозяйства применяют разные системы рубок главного пользования и в различной степени используют древесину, а также назначают систему лесовосстановительных мероприятий, затраты на проведение которого зависят и от природно-экономических условий. В любом случае необходимо подсчитывать, оправдываются ли вложения, в какой мере они эффективны и содействуют воспроизводству по дополнительному приросту, ускорению получения древесины, улучшению качества и т. д. Различия в уровне затрат не адекватны по зонам, а в ряде случаев они себя не оправдывают. В этой связи очень важно определить пути воспроизводства лесных ресурсов.

Начальной и наиболее важной стадией является

38. Распределение лесокультурного фонда по степени увлажнения почвы в зоне тайги европейской части СССР, %

Область, АССР	Увлажнение				требуется предварительное осушение
	отсутствует	слабое	среднее	сильное	

Зона тайги

Архангельская	4,3	22,1	33,4	24,2	16,0
Вологодская	7,1	29,6	40,3	20,9	2,1
Карельская АССР	39,1	33,5	20,8	3,2	3,4
Кировская	12,0	27,5	52,2	4,9	3,4
Коми АССР	5,6	47,7	38,8	4,3	3,6
Костромская	17,2	28,5	48,4	4,6	1,3
Ленинградская	13,4	20,6	45,9	13,9	6,2
Мурманская	58,5	22,0	19,5	—	—
Удмуртская АССР	23,4	42,6	28,4	4,9	0,7

Зона смешанных лесов

Брянская	33,3	31,7	20,0	8,3	6,7
Владимирская	20,1	31,3	38,1	6,0	4,5
Горьковская	18,3	31,4	40,1	5,1	5,1
Ивановская	11,1	34,0	48,0	6,3	0,6
Калининская	8,7	18,8	59,4	8,4	4,4
Калужская	8,9	21,4	57,2	10,7	1,8
Марийская АССР	45,5	23,2	22,3	3,6	5,4
Московская	14,3	18,2	61,7	1,3	4,5
Мордовская АССР	50,0	15,2	30,4	4,4	—
Новгородская	8,7	23,2	49,3	4,3	14,5
Псковская	6,5	22,6	54,8	3,2	12,9
Рязанская	37,3	35,6	27,1	—	—
Смоленская	7,0	32,4	42,2	9,9	8,5
Татарская АССР	55,2	19,5	23,0	1,6	0,7
Чувашская АССР	35,5	27,4	30,6	6,5	—
Ярославская	16,1	22,5	55,0	6,1	0,3

принятие оптимального соотношения между естественным и искусственным восстановлением вырубаемых площадей в зональном направлении. Характер естественного возобновления под материнским пологом и на вырубках имеет исключительно важное биологическое хозяйственное и экономическое значение. В пределах природно-климатических зон изучают синэкологические факторы (относительную распространенность биоценозов и группы типов леса); разрабатывают технологиче-

ские приемы; определяют организацию работ, потребность в необходимой технике и т. д. С учетом оценки успешности естественного возобновления по группам типов леса разработаны нормативы для распределения площадей под естественное и искусственное лесовозобновление.

Распределение площадей по способам лесовосстановления в таежной зоне. После распределения насаждений по группам типов леса с учетом успешности естественного возобновления под пологом и на вырубках планируют необходимые способы лесовосстановления. Анализ данных хода естественного возобновления под пологом насаждений в зоне тайги европейской части показывает, что в лишайниково-вересковых, брусничных, черничных, долгомошных и сфагновых группах типов сосновых лесов площадей в основном имеют достаточное количество подроста для восстановления; в кисличных и травяных типах леса в большинстве случаев подроста недостаточно. В брусничных, черничных, долгомошных и сфагновых типах еловых лесов на большинстве площадей достаточное количество подроста а в травяных и кисличных — недостаточно для возобновления хвойных пород под пологом.

Анализ материалов натурных обследований позволяет определить процент площадей с наличием хвойного и лиственного подроста, т. е. выявить площади, где подроста хвойных пород недостаточно для естественного лесовозобновления (табл. 39). Группы типов леса, в которых достаточное количество хвойного подроста, имеют также большой процент площадей с хвойным и лиственным подростом: для сосновых — это брусничные и черничные типы леса, а для еловых — долгомошные и черничные. Наиболее успешное возобновление хвойными породами отмечается в Архангельской области — на 61% площади; в Карельской АССР примерно половина покрытой лесом площади удовлетворительно возобновляется хвойными породами под пологом насаждений.

Группы типов леса, где под пологом насаждений и на вырубках недостаточное количество подроста хвойных пород, относятся к площадям, требующим мер содействия естественному возобновлению. Таких площадей больше всего в Карельской АССР и Кировской

**39. Естественное возобновление под пологом насаждений
и на вырубках по группам типов леса**

Область, АССР	Насаждения	Достаточное количество подроста, %, в типах леса						
		лишайни- ковых	бруслич- ных	черничных	кисличных	травяных	долго- мошных	сфагновых
Архангель- ская	Сосновые	99	51	47	33	25	7	34
		—	31	39	3	15	20	8
	Еловые	—	70	78	27	28	58	42
Вологодская	Сосновые	—	12	10	16	7	35	12
		100	68	71	48	26	63	38
	Еловые	—	2	22	6	4	16	16
		—	60	70	74	60	68	43
		—	24	25	28	6	26	16
Карельская АССР	Сосновые	76	51	49	—	—	59	55
		17	21	34	—	—	16	12
	Еловые	—	42	44	23	47	53	55
		—	10	30	32	32	22	12
		94	68	60	65	30	72	48
Кировская	Сосновые	—	31	40	35	70	28	52
		—	93	82	68	55	72	57
	Еловые	—	7	18	32	39	24	43
		76	51	49	29	32	59	55
		8	14	12	11	7	11	18
Комм АССР	Сосновые	—	42	44	23	47	53	55
		—	12	10	16	7	35	12
	Еловые	100	60	61	45	28	70	45
		—	25	23	—	6	16	17
		—	93	80	67	57	71	56
Костромская	Сосновые	—	—	20	33	40	28	40
		76	48	43	23	26	49	44
	Еловые	11	18	10	9	2	12	16
		—	43	39	24	35	56	55
		—	12	15	15	6	34	21

Область, АССР	Насаждения	Достаточное количество подроста, %, в типах леса						
		листвен- ковых	бруснич- ных	черничных	кислич- ных	травяных	долго- мошных	сфагновых
Мурманская	Сосновые	86	53	49	—	—	60	57
		16	24	16	—	—	12	34
	Еловые	—	38	41	26	35	40	40
		—	30	28	34	16	72	24
Удмуртская АССР	Сосновые	95	70	60	45	27	65	45
		4	10	14	16	26	40	15
	Еловые	—	69	45	50	35	55	40
		—	15	25	21	29	12	23

Примечание. Над чертой — возобновление хвойными породами, под чертой — лиственными с участием хвойных.

области, в остальных областях 10—15% покрытой лесом площади требует мер содействия естественному возобновлению. В зоне тайги на территории европейской части РСФСР лесовозобновление путем сохранения подроста хвойных пород требуется на 44,2% площади, содействие естественному возобновлению на 15,5% и создание лесных культур на 40,3% площади (табл. 40). В отдельных районах отмечены значительные отклонения от средней величины: наибольший процент площадей требует искусственного восстановления после рубки в Удмуртской АССР и Ленинградской области, а наименьший — в Архангельской области.

Распределение площадей по способам лесовосстановления в зоне смешанных лесов. Если в зоне тайги более 70% площади занято насаждениями с преобладанием хвойных пород, то в зоне смешанных лесов хвойные насаждения занимают только до 50% (Брянская, Владимирская, Горьковская, Ивановская, Московская, Псковская, Рязанская области) или даже около 20% (Калужская область, Мордовская, Татарская и Чувашская автономные республики) лесопокрытой площади

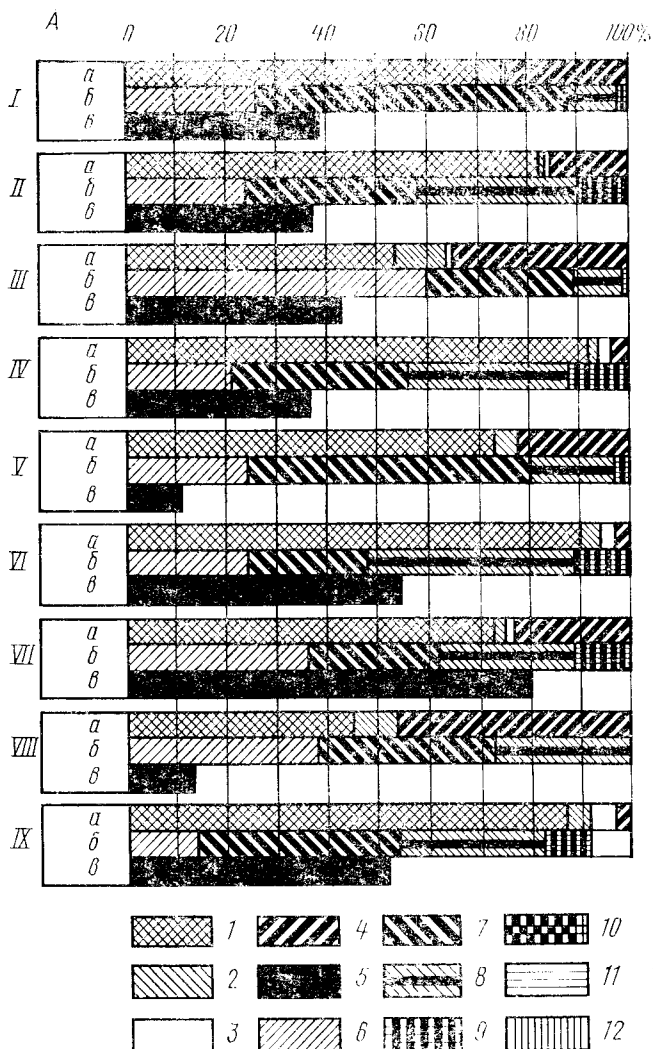
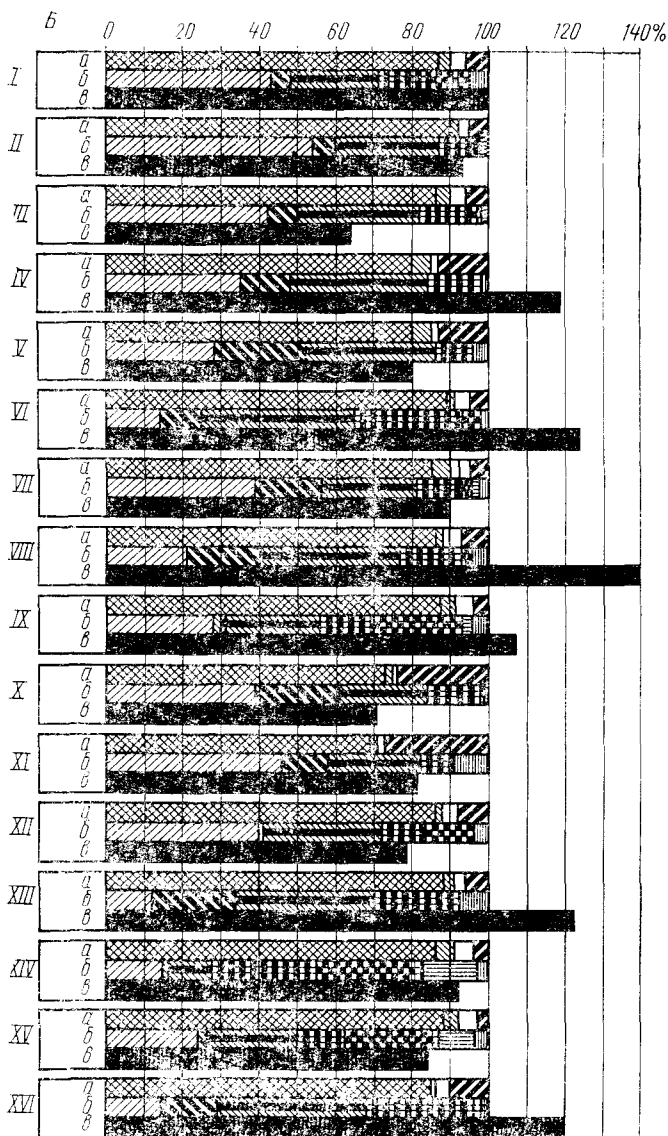


Рис. 18. Процентное распределение общей площади по видам угодий (а) от вырубленной:

A — в зоне тайги; I — Архангельская обл.; II — Вологодская; III — Карельская Ленинградская; VIII — Мурманская; IX — Удмуртская АССР; Б — в лесостепи: Ивановская; V — Калининская; VI — Калужская; VII — Марийская АССР; XI — Псковская; XII — Рязанская; XIII — Смоленская; XIV — Татарская АССР; 2 — не покрытая лесом; 3 — несомкнувшиеся культуры; 4 — нелесная площадь; осина; 10 — дуб; 11 — липа; 12 — прочие породы



(а), покрытой лесом по преобладающим породам (б), площади куль-

АССР; IV — Кировская обл.; V — Ком. АССР; VI — Костромская обл.; VII — поп. зона; I — Брянская обл.; II — Владимирская; III — Горьковская; IV — VIII — Московская обл.; IX — Мордовская АССР; X — Новгородская обл.; XI — Чувашская АССР; XII — Ярославская обл.; I — покрытая лесом площадь; 5 — культуры от вырубленной площади; 6 — сосна; 7 — ель; 8 — береза; 9 —

(рис. 18). Среди хвойных насаждений брусничные типы леса явно преобладают в Брянской и Горьковской областях, Мордовской АССР, черничные — в Ивановской, Владимирской и Рязанской областях, Татарской АССР, брусничные и черничные — в Московской, Псковской и Смоленской областях.

40. Распределение площадей по способам лесовосстановления в зоне тайги

Область, АССР	Площади, %, на которых требуются		
	сохранение подроста	содействие естественному возобновлению	создание лесных культур
Архангельская	60,6	13,7	25,7
Вологодская	36,5	18,5	45,0
Карельская АССР	16,0	20,6	33,4
Кировская	38,8	17,0	44,2
Коми АССР	41,0	14,9	44,1
Костромская	31,5	10,4	58,1
Ленинградская	27,8	10,1	62,1
Мурманская	34,9	19,9	45,2
Удмуртская АССР	25,7	11,5	62,8

Изучения хода естественного возобновления под пологом хвойных насаждений в разных областях зоны смешанных лесов по типам леса показало, что большая часть площадей с достаточным подростом имеется в брусничных, черничных и долгомошных типах леса. Под пологом сосновых насаждений в брусничных типах леса более 40% площадей имеет достаточное количество хвойного подроста в Брянской, Владимирской и Смоленской областях, 35—37% площадей — в Рязанской, Московской и Калужской, 15—25% — в остальных областях и автономных республиках. Наибольшее количество площадей с достаточным для возобновления количеством подроста отмечено в черничном типе леса в Московской, Псковской и Калужской областях, 33—38% площадей — в Рязанской, Горьковской и Владимирской областях и 26—29% в Ивановской и Брянской. Меньше всего площадей с достаточным количеством подроста под пологом сосняков-черничников имеется в Мордовской, Татарской и Чувашской автономных республиках — 7—10%.

В еловых насаждениях наиболее успешное естественное возобновление под пологом отмечено в черничных типах леса: в Московской области 81% площадей имеет достаточное количество подроста хвойных пород, в Брянской — 68%, в Ивановской и Горьковской — 55—56%, в Калужской, Псковской и Рязанской — 31—47%. В брусничном и кисличном типах елового леса площади с достаточным количеством подроста составляют 30—40% во Владимирской, Ивановской, Московской и Горьковской областях.

В целом в зоне смешанных лесов удовлетворительное и успешное возобновление хвойными породами характерно не для всех групп. Площади, обеспечивающие ход лесовосстановления естественным путем, приходящаяся на черничные группы типов леса (Владимирская, Ивановская, Московская, Рязанская, Псковская области) и брусничные (Брянская, Горьковская, Калужская и Смоленская области).

41. Распределение площадей по способам лесовосстановления в зоне смешанных лесов

Область, АССР	Площади, %, на которых требуются		
	сохранение подроста	содействие естественному возобновлению	создание лесных культур
Брянская	20,4	16,9	62,7
Владимирская	19,6	12,4	68,0
Горьковская	12,9	15,1	72,0
Ивановская	12,6	13,8	73,6
Калининская	17,2	8,2	74,6
Калужская	7,4	8,9	83,7
Московская	20,3	8,8	70,9
Мордовская АССР	9,0	2,0	89,0
Новгородская	27,4	9,5	63,1
Псковская	14,5	15,1	70,4
Рязанская	11,5	5,9	82,6
Смоленская	5,7	7,3	87,0
Татарская АССР	3,3	1,2	95,5
Чувашская АССР	5,5	8,0	86,5
Ярославская	14,2	10,6	75,2

Если под пологом насаждений или на вырубках 8—10-летней давности в пределах определенного типа леса подроста хвойных пород недостаточно для естественного возобновления или присутствует подрост лиственных

пород с участием хвойных, то эти площади относят к площадям, требующим мер содействия естественному возобновлению (табл. 41). Таких площадей насчитывается больше в брусничном и черничном типах леса. Из приведенных в табл. 41 данных следует, что в зоне смешанных лесов 14,7% лесопокрытой площади может быть восстановлено подростом хвойных пород, 10,2% требует мер содействия естественному возобновлению и 75,1% — создания лесных культур.

Распределение площадей по способам лесовосстановления в лесостепной зоне. По принципу расчета, принятому для зон тайги и смешанных лесов, были определены площади, возобновившиеся сосной и дубом без смены пород в лесостепной зоне (табл. 42). Из данных табл. 42 видно, что основной способ восстановления леса в этой зоне — создание лесных культур.

42. Распределение площади в лесостепной зоне по способам лесовосстановления, %

Область	Естественное лесовозобновление	Лесные культуры
Белгородская	12,9	87,1
Воронежская	13,7	86,3
Курская	11,8	88,2
Липецкая	8,8	91,2
Орловская	5,5	94,5
Пензенская	20,0	80,0
Тамбовская	10,4	89,6
Тульская	18,8	81,2
Ульяновская	13,1	86,9

Соотношение площадей по успешности возобновления в хвойном хозяйстве. Анализ успешности предварительного и последующего возобновления отдельно по хвойному хозяйству (табл. 43) и сопоставление полученных данных с показателями естественного возобновления на всей лесопокрытой площади показывает общие закономерности возобновления, но в хвойном хозяйстве этот показатель значительно выше: по зоне тайги на 12,8 и по зоне смешанных лесов на 19,8%.

Распределение естественного и искусственного лесовосстановления. По данным хода и характера возобновления под материнским пологом и на вырубках в целом

43. Распределение площадей по способам лесовосстановления отдельно по хвойному хозяйству

Область, АССР	Площади, % от площади хвойных, на которых требуются		
	сохранение подроста	содействие естествен- ному возоб- новлению	создание лесных культур
Зона тайги			
Архангельская	68,9	15,5	15,6
Вологодская	60,8	30,9	8,3
Карельская АССР	52,1	23,3	24,6
Кировская	69,1	30,1	0,8
Коми АССР	51,2	18,6	30,2
Костромская	66,9	22,7	8,4
Ленинградская	45,1	16,3	38,6
Мурманская	47,6	27,0	25,4
Удмуртская АССР	47,9	21,5	30,6
Итого по зоне	57,4	20,2	22,4

Зона смешанных лесов

Брянская	43,6	36,2	20,4
Владимирская	32,8	20,7	46,5
Горьковская	26,4	30,9	42,7
Ивановская	25,8	28,3	45,9
Калининская	33,5	16,1	50,4
Калужская	30,0	36,3	33,7
Московская	50,7	22,1	27,2
Мордовская АССР	32,0	7,0	61,0
Новгородская	62,2	21,7	16,1
Псковская	25,0	26,0	49,0
Рязанская	27,4	14,0	58,6
Татарская АССР	24,8	8,5	66,7
Чувашская АССР	21,6	31,3	47,1
Ярославская	44,1	33,3	22,6

и отдельно по хвойному хозяйству, наличия подроста в отведенном лесосечном фонде и его фактического сохранения, а также интенсивности ведения лесного хозяйства (выраженной через основные фонды капитальные вложения, операционные и прямые затраты), наличия лесохозяйственных дорог на 100 га лесной площади предлагается соотношение объемов естественного и искусственного лесовосстановления (табл. 44).

**44. Распределение искусственного и естественного
лесовосстановления в европейской части РСФСР, %**

Область, АССР	Лесные культуры	Сохранение подроста	Естественное возобновление и содействие ему
---------------	-----------------	---------------------	---

Зона тайги

Архангельская	26	62	12
Вологодская	30	45	25
Карельская АССР	30	46	24
Кировская	36	40	24
Коми АССР	20	65	15
Костромская	39	42	19
Ленинградская	62	20	18
Мурманская	25	58	17
Удмуртская АССР	46	35	19

Зона смешанных лесов

Брянская	70	14	16
Владимирская	68	17	15
Горьковская	64	19	17
Ивановская	67	19	14
Калининская	56	16	18
Калужская	81	10	9
Московская	80	13	7
Мордовская АССР	86	6	8
Новгородская	65	18	17
Псковская	70	15	15
Рязанская	82	12	6
Смоленская	84	8	8
Татарская АССР	87	5	8
Чувашская АССР	86	6	8
Ярославская	74	16	10

Лесостепная зона

Белгородская	94	6
Воронежская	89	11
Курская	93	7
Орловская	97	3
Тульская	88	12
Минская	90	10
Тамбовская	89	11
Пензенская	86	14
Ульяновская	82	18

Предлагаемый вариант распределения площадей учитывает возможность использования потенциальных природных возможностей, но для оптимального решения целесообразен более глубокий анализ с учетом особенностей использования средств производства (в данном случае земли) в лесном хозяйстве.

Так, И. В. Воронин (1974) предлагает для наиболее полной и объективной оценки использования земель лесного фонда как основного средства производства следующие показатели: процент покрытой лесом площади от общего лесного фонда для характеристики степени использования по назначению площади гослесфонда (оптимальным считается 91—94 %); соответствие произрастающих насаждений лесорастительным условиям и народнохозяйственным запросам; соответствие прироста древесины по качеству и количеству прогрессивным нормам, установленным передовыми предприятиями лесного хозяйства, и опытными таблицам; количество продукции, получаемой в порядке побочного пользования лесом на 100 га лесного фонда (от подсочки, использования осмола, плодов, семян, грибов, фауны и др.); урожай с площади сельскохозяйственного значения; валовую продукцию со 100 га лесного фонда; степень изменения плодородия почвы. Данные от сравнения этих натуральных показателей добавляют фактический материал к анализу при выборе вариантов решений, но они должны быть подкреплены более глубоким экономическим анализом, т. е., помимо показателей лесоводственной эффективности в натуральном выражении, требуются данные сравнения вариантов решений в стоимостной форме.

Предлагаемый метод базируется на теории стоимости (определении себестоимости растущего леса) и детальном учете затрат по отдельным фазам выращивания леса. Эффективность выявляется при сравнении прямых затрат на разные технологические схемы лесокультурного производства и лесовыращивания. В качестве показателей лесоводственной эффективности принимают средний и текущий приросты, увеличение продуктивности и производительности лесов по запасу, ствольной древесины или общей биомассы, сокращение оборота хозяйства, возобновительного периода, сроков выращивания спелого леса и т. д. Однако натуральные

показатели имеют ограниченное значение и могут использоваться для сравнения вариантов в идентичных условиях. Например, при определении эффективности по конечной продукции лесохозяйственного производства следует указывать, что включается в совокупный продукт: только часть древесной и недревесной продукции, которая получается при достигнутом уровне производства, или вся биомасса растений и даже живых организмов.

О. Г. Каппер (1954) и В. И. Рубцов (1969) пришли к выводу, что лесные культуры имеют преимущество перед естественными насаждениями по запасу древесины, снижению оборота рубки и выходу деловых сортиментов в первой половине роста и развития, которое к возрасту спелости практически сглаживается. На Украине культуры к возрасту спелости имеют запас на 15%, больший чем естественные насаждения. В Свердловской и Тюменской областях отмечена более высокая производительность (в 2,5 раза) культур сосны, лиственницы и тополя; в сосняках бруснично-черничных меры сохранения подроста и содействия естественному возобновлению обеспечивают сокращение периода возобновления на 7—8 лет, а дополнительный прирост равен 5 м³/га в год. Сохранение подроста и молодняка в ельниках Архангельской области позволяет сократить оборот рубки на 30—50 лет (Моисеев и др., 1966), в ельниках Карельской АССР — на 20—30 лет (Казимиров, 1971). Таким образом, за счет сохранения крупномерного подроста и естественного возобновления в зависимости от их возраста и качества сроки выращивания спелого леса можно сократить на 10—40 лет.

ЛенНИИЛХом разработаны методические указания по расчету показателей частной и суммарной (комплексной) эффективности лесохозяйственных мероприятий для повышения продуктивности лесов. Например, суммарное положительное воздействие предлагается оценивать по полноте насаждений. В развитие комплексного и системного подхода предложено эффективность лесохозяйственных мероприятий оценивать по конечному материальному результату процесса лесовыращивания, а в качестве первичного объекта расчета принимать основную хозяйственно-типологическую единицу (Полянский, Димитров, 1973). В лесоводстве укорени-

лась практика вычисления показателей эффективности по части проводимых мероприятий. Так, Т. А. Кислова (1970, 1974) предлагает схему сравнения на основе учета производственных затрат и расходов на охрану и управление; ею разработаны методики выбора главной породы, экономической оценки густоты и выбора соответствующего варианта, способа и технологической схемы создания культур. Г. Т. Румянцевым и Н. М. Мартыновой (1969, 1972) разработаны рекомендации по определению экономической эффективности искусственного и естественного лесовозобновления с учетом сопряженных затрат за весь оборот рубки длительности цикла лесовыращивания и, следовательно, разновременности вложения средств и получения прибылей.

Относительный показатель экономической эффективности рассчитан на основе оптовых цен по действующим прейскурантам на промышленную продукцию, показателей себестоимости лесовозобновления, формирования и выращивания насаждений; учтены восстановительная себестоимость моделируемых древостоев и необходимость приведения по сложным процентам капитальных вложений в зависимости от времени. Для определения экономической эффективности необходимы лесоводственно-типологические и таксационные данные для сравниваемых площадей и насаждений.

Экономическая эффективность естественного и искусственного лесовосстановления. Сравнительная экономическая эффективность разных способов лесовосстановления рассчитана для наиболее широко применяемых вариантов; расчет выполнен по методике Г. Т. Румянцева и Н. М. Мартыновой (1972) для ельника-черничника и сосняка-брусничника, а затем выведен средний коэффициент: 0,91 для предварительного естественного возобновления при рубке с сохранением подроста; 0,96 для последующего естественного возобновления при рубке с оставлением семенников; 0,81 для естественного возобновления со сменой пород и 0,79 для лесных культур на сплошных вырубках. В основу положены прямые затраты на создание лесных культур по наиболее часто встречающимся технологическим схемам до перевода их в покрытую лесом площадь.

При создании культур сосны в лишайниковых и ве-

ресковых типах леса (A_0, A_1) на глубоких сухих песчаных и супесчаных почвах посадкой 2-летних сеянцев лесопосадочной машиной СБН-1 (расстояние между рядами 3 и в ряду 0,5 м — 6,6 тыс. шт.) с применением культиватора КЛБ-1,7 прямые затраты составляют 50,7 руб.; при использовании покровосдирателей ПСТ-2А с одновременным посевом семян сосны и последующим ручным уходом — 40,21 руб. В брусничниках (A_2, B_2) на подзолистых, дерново-подзолистых, песчаных и супесчаных почвах на вырубках категории б с механизированной подготовкой почвы плугом ПКЛ-70 и посадкой СБН-1 2-летних сеянцев с уходом КЛБ-1,7 затраты составляют 65,37 руб.; при использовании ПСТ-2А с одновременным посевом семян и последующим ручным уходом — 39,78 руб.

Восстановление хвойных пород в кисличных и сложных типах леса (B_3, C_{2-3}) на подзолистых, дерново-подзолистых, серых лесных слабоподзолистых почвах при механизированной подготовке почвы плугом ПКЛ-70, посадке СБН-1 и механизированном уходе требует прямых затрат 66,47 руб., а на площадях категории в в этих же условиях — 94,46 руб. На вырубках категории б с временно переувлажненными почвами в черничных типах леса на средне- и сильноподзолистых и дерново-подзолистых почвах при подготовке почвы плугом ПЛП-135, механизированной посадке СЛП-2, химическом уходе раствором симазина и аминной соли 2,4Д затраты составляют 74,97 руб., а на площадях категории в в этих же условиях — 107,02 руб.

Стоимость создания культур хвойных пород на вырубках с постоянным избыточным увлажнением в догомошных и травяно-болотных типах на торфяно-подзолистых глеевых и торфяно-глеевых почвах при расчистке 3-метровых полос Д-513А, подготовке почвы плугом ЛКН-600, посадке СЛП-2 и ручном уходе составляет 107,33 руб., а с применением конавокопателя ЛКА-2М в этих же условиях — 136,82 руб. На вырубках после сплошной раскорчевки в сосняках кисличных, черничных и сложных на дерново-подзолистых и супесчаных почвах при среднем количестве пней 1000 шт/га, последующем вычесывании корней, 2-кратном дисковании и механизированном уходе стоимость создания культур 249 руб.

Многостороннее использование леса как источника древесины и как фактора, благотворно влияющего на окружающую среду, требует улучшения воспроизводства лесных ресурсов и ведения лесного хозяйства в целом. Создаются новые лесосеменные плантации на селекционной основе, широко применяются оригинальные способы выращивания и хранения посадочного материала, разрабатываются методы ухода за лесом, применяются химические вещества и удобрения и т. д. Успехи биологической науки и лесоводства помогли значительно глубже познать биологию древесных пород, процессы их роста и развития, закономерности жизни лесных биогеоценозов и их взаимосвязей с окружающей средой, источники и средства повышения продуктивности лесов. Много усовершенствований внесено в приемы лесоводства, лесного семеноводства и воспроизводства лесных ресурсов, в организацию и экономику лесного хозяйства, в технику и технологию производства. Основным направлением развития лесоводственной науки является всемерное изучение специфических биологических особенностей лесных ассоциаций с последующим использованием этих знаний для управления процессами лесообразования, а также причин и следствий тех или иных явлений в жизни леса, определяющих его структуру, состав и типы, смену пород и производительность естественных и искусственных лесонасаждений.

В последнее время особое развитие в нашей стране получило искусственное лесовосстановление. Разработана стройная система выращивания посадочного материала в лесных питомниках с применением средств комплексной механизации, накоплен убедительный материал по организации сортового семеноводства; разработаны агротехнические приемы подготовки почвы, способы посева и посадки лесных культур, агротехнических и лесоводственных уходов за ними.

Количественный состав и структура будущих лесов во многом зависят от успехов лесовосстановления. Четко сформулированное в лесоведении правило, что рубка и возобновление леса — синонимы, приобретает особое значение в связи с дальнейшим возрастанием роли лесов. Вся совокупность объектов — существующих или способных появиться в перспективе на лесных

не покрытых лесом площадях — подвергается процессу искусственного или естественного лесовосстановления и изменяется во времени. Такая совокупность представляет собой обобщенную динамичную систему, в которой учитывается переход от экстенсивных способов ведения хозяйства к интенсивным.

Огромная территория лесной и лесостепной зон европейской части РСФСР характеризуется большим разнообразием климатических и почвенных условий, типов леса, интенсивности ведения лесного хозяйства, способов рубок и лесовосстановления. В связи с этим по-разному проходят процессы формирования насаждений естественного возобновления и различные требуются способы искусственного выращивания леса. В каждой почвенно-климатической зоне важно определить, в каких типах леса и в каких размерах происходит естественное возобновление основных лесообразующих пород, при каких способах рубок оно обеспечивается, что может обеспечить успешное формирование ценных молодняков, какое соотношение естественного и искусственного возобновления наиболее целесообразно с биологической, хозяйственной и экономической точек зрения. Для решения этих задач требуются изучение местного опыта, постановка специальных исследований и обобщение результатов, раскрывающих сложные биологические процессы в лесных фитоценозах.

Поскольку способы проведения лесовосстановительных работ зависят от лесорастительных и экономических районов, интенсивность ведения лесного хозяйства и лесовосстановление следует рассматривать в зональном разрезе. Однако принятое в настоящее время лесорастительное районирование (Курнаев, 1958, 1973; Кожевников, Ефимова, 1939) не совпадает с экономическим, в то время как планирование работ по лесовосстановлению и отчетность осуществляются по экономическим районам. В связи с этим в данной работе использованы лишь геоботанические придержки по лесорастительным районам с некоторым совмещением границ экономических и лесорастительных районов; анализ эффективности процессов естественного возобновления проведен по агрегированным экономическим районам и областям; детальный анализ хода естественного возобновления — по типам и группам типов леса, процессы искус-

ственного лесовосстановления рассмотрены применительно к типам условий местопроизрастания.

В деле повышения продуктивности лесов немалое значение имеет разработка совершенных приемов управления комплексным процессом, включающим наряду с лесоводственными и агротехническими приемами методы организации и планирования. Выполнение этого требования становится возможным благодаря внедрению программных принципов и системного анализа. Моделирование природных и производственных процессов позволяет решить задачи, стоящие перед разработчиками АСПР.

Основная задача при организации и планировании лесовосстановления — это максимальное использование потенциальных возможностей лесорастительных условий для выращивания высокопродуктивных насаждений ценных лесных пород, сохранение и улучшение биологической устойчивости, водоохранной и рекреационной способности. Повышение производительности насаждений зависит от степени использования тех потенциальных возможностей, которые таит в себе тот или иной вид растений как продукт естественного отбора в конкретных условиях. В этом случае решающую роль играют семена и особенно их происхождение. Опыт создания географических культур в целях изучения влияния происхождения семян на рост и продуктивность культур, а также широкая производственная практика их переброски показали, что использование семян за границами их климатипов не дает должного эффекта; лучшими для создания новых насаждений являются семена из близких к местным почвенно-климатическим условиям климатипов.

Организация семеноводства на селекционной основе нуждается в тщательном изучении природы генетического потенциала исходного семенного материала. Проводимая в лесах нашей страны селекционная инвентаризация основных лесообразующих пород показала целесообразность использования семян с плюсовых и лучших деревьев и насаждений, а также организации сортового семеноводства. Организация постоянных корнесобственных и привитых семеноводческих плантаций позволяет сохранить генофонд лучших по производительности насаждений. В системе работ по организа-

ции лесного семеноводства на селекционно-генетической основе большое значение имеют использование лесосек главного пользования для сбора семян в наиболее ценных типах леса и резервация лучших высокобонитетных насаждений в качестве семенной базы. Семена с таких участков в большей степени отвечают требованиям, предъявляемым к их наследственным особенностям, чем неизвестного происхождения семена с участков, организованных на базе лесных культур.

В практической деятельности необходимо учитывать особенности генезиса чистых и смешанных насаждений и типов леса в условиях той или иной климатической зоны. Изучение типов леса основных лесообразующих пород показывает определенное значение почвенно-грунтовых условий для формирования и производительности насаждений. Однако даже близкие по составу и плодородию почвы в различных климатических зонах дают неодинаковую производительность лесов, характер и ход естественного возобновления под материнским пологом и на вырубках. В этой связи процесс лесовосстановления необходимо связывать с технологией и способами рубок. Отрицательное влияние продолжительных приисковых рубок сказалось прежде всего в вырубке лучших деревьев в насаждениях, т. е. практически в отрицательной селекции. Особенно это ощутимо в связи с механизацией лесозаготовок при концентрированных рубках. Широкая концентрированная лесосека, если не оставлены источники обсеменения в виде семенников или семенных куртин, не может полностью возобновиться от стен леса, так как максимально эффективное воздействие стен леса на возобновление 100—110 м. В этом случае требуется искусственное лесовосстановление.

Характер и ход предварительного и последующего естественного возобновления изучались в конкретных группах типов леса. Возобновляемость основных лесообразующих пород определяется отдельно для каждой группы типов леса и как средневзвешенный процент в целом для областей и автономных республик по процентному отношению возобновления в каждой группе типов леса и по доле участия его в лесном фонде области или автономной республики. В основу работы по естественному возобновлению были положены материа-

лы массовых обследований, проведенных в 1971—1972 гг. предприятиями Министерства лесного хозяйства РСФСР по единой методике, которой предусматривалось изучение характера и хода возобновления вырубок последнего 10-летия на общей площади более 6 млн. га. В этот же период в нескольких областях (в порядке контроля) Союзгипролесхозом был проведен единовременный учет лесокультурного фонда ключевым методом с более детальным изучением хода и характера возобновления аналогичных вырубок. Для определения динамики возобновления по годам в зависимости от давности вырубок были систематизированы материалы обследования и составлены сводные таблицы возобновляемости вырубок, начиная с одного года давности и до 10 лет. На основании этих материалов математико-статистическим методом выявлены закономерности хода естественного возобновления в зависимости от давности вырубок, выраженные эмпирическими формулами функциональной зависимости.

Научно обоснованное решение задачи повышения эффективности воспроизводства лесных ресурсов, в частности задачи лесовозобновления, требует полного учета и правильной экономической оценки всех природных и производственных фондов. Генерализация сведений до уровня лесорастительных зон и групп типов леса позволила вскрыть ряд закономерностей, что невозможно было сделать при анализе материала на низших иерархических уровнях. Результаты обобщения и анализа отечественного и зарубежного опыта позволяют оценить различные методы содействия естественному возобновлению и сохранности подроста: очистку мест рубок и минерализацию почвы, роль внутрилесосечных обсеменителей и стен леса, сохранение и выживаемость подроста.

Эффективной мерой содействия естественному возобновлению является минерализация напочвенного покрова. Возобновление сосны и ели на минерализованной почве возрастает по мере перехода от влажных к свежим и суховатым лесорастительным условиям. Успешность появления самосева зависит от интенсивности минерализации и может увеличиться в 5—8 раз. Наиболее эффективный способ лесовосстановления на вырубках — сохранение подроста; при анализе учитывались

наличие предварительного возобновления по группам типов леса, способы рубок и фактическое сохранение подроста по областям и автономным республикам. Наиболее перспективной для сохранения подроста оказалась разработка лесосек методом узких лент; лучшая выживаемость — при рубках в осенне-зимний период.

При подготовке вырубок к искусственному закультивированию лучшим способом является полосная расчистка с удалением порубочных остатков и мелких пней и сохранением гумусового горизонта. Обработка почвы в сухих условиях заключается в сдирании верхнего непочвенного покрова и образовании микропонижений (борозд), на временно переувлажненных почвах — в образовании микроповышений в виде пластов и гряд, на избыточно увлажненных — в формировании более значительных микроповышений с одновременной простейшей мелиорацией.

Создание лесных культур в значительной мере определяется типом условий местопроизрастания и может обеспечиваться посадкой семян и саженцев, лучше в весенний период; удлинение сроков посадки возможно при использовании саженцев с закрытой корневой системой. Успешность выращивания лесных культур во многом зависит от своевременного проведения агротехнических и лесоводственных уходов. Особое внимание необходимо уделять своевременному лесоводственному уходу в лесных культурах; несвоевременные рубки ухода приводят к их обесцениванию, потере прироста и даже гибели. Наибольшие потери наблюдаются в возрасте 6—10 лет, т. е. когда культуры пугаются в освещении. В первые 2 года после посадки гибель культур не превышает 3%, к 5-летнему возрасту достигает 6—8, а к 10-летнему — 10—15%. Конечно, нельзя считать, что культуры полностью погибли — во многих случаях они так заглушаются листовыми породами, вышедшими в первый ярус, что спасти их можно лишь своевременными рубками ухода. При таксации их классифицируют не как лесные культуры, а как естественное возобновление листовыми породами. На старых вырубках лесовосстановительные работы можно проводить в тех случаях, когда высота возобновившихся мягколиственных пород не превышает 2,5—3 м; при

большой высоте вырубки относят к категории площадей, подлежащих реконструкции. Однако следует иметь в виду, что через некоторое время под их пологом поселяется самосев хвойных пород, главным образом ели, который может обеспечить восстановление через кратковременную смену пород. В таких случаях можно сформировать хвойное насаждение рубками ухода или применением химических средств избирательного действия, но при условии своевременного их проведения.

Проведенные исследования позволили установить наиболее важные черты и особенности процессов естественного и искусственного лесовосстановления, дать их нормативные соотношения и составить соответствующие математические модели. Аналитический метод формирования с помощью моделей открывает определенные перспективы при разработке АСУ, а табличная форма нормативных показателей позволяет разграничить необходимые мероприятия на уровне плановых расчетов для конкретных областей или автономных республик. По нормативам оптимального соотношения естественного и искусственного лесовосстановления можно установить способ лесовосстановления при назначении насаждений в рубку. Динамику возобновления и баланс площадей, подлежащих лесовосстановлению на любой период, а также возможности искусственного лесовосстановления можно определить по предложенным формулам функциональной зависимости.

При решении вопросов естественного возобновления необходимо установить, какие участки могут восстановиться за счет предварительного возобновления главных лесообразующих пород, имеющегося под материнским пологом, и передать их в рубку с обязательным условием (указанным в лесорубочном билете) применения такой технологии, которая обеспечит сохранение подростa при лесозаготовках; определить площади, требующие мер содействия естественному возобновлению и назначить соответствующие мероприятия; отобрать площади, на которых может быть гарантировано последующее естественное возобновление главными лесообразующими породами в установленный срок, и оставить их на естественное зарастание; выделить участки, на которых нельзя ожидать естественного возобновления главной породы и требуется искусственное лесовосста-

новление, с учетом степени увлажнения и количества пней наметить основные технологические приемы лесовосстановления; своевременное проведение рубок ухода с целью формирования насаждения желаемого состава на участках, где сохранен подрост. Особое внимание необходимо уделять качеству работ в связи с необходимостью улучшения породного состава и своевременного закультивирования лесосек хозяйственно ценными и высокопродуктивными древесными породами, биологические свойства которых соответствуют данным условиям; при этом высокое качество работ требуется на всех фазах и стадиях, начиная от сбора семян с лучших деревьев и заканчивая лесоводственными приемами формирования насаждений.

Первоочередными объектами для искусственного лесовосстановления должны быть свежие вырубки. Старые невозобновившиеся вырубки или возобновившиеся малоценными мягколиственными породами следует восстанавливать другими технологическими приемами, так как методы, разработанные для свежих вырубок, применительно к ним бывают неэффективными. Применение той или иной технологии лесовосстановительных работ связано также со степенью увлажнения (сухие, дренированные, с временным переувлажнением и заболоченные площади); от степени увлажнения зависит возможность применения машин и механизмов. При искусственном лесовосстановлении необходимо применять дифференцированную технологию работ (с учетом лесорастительных условий и состояния вырубок); отдавать предпочтение посадке (как более эффективному и надежному способу), особенно крупномерным посадочным материалом (можно значительно сократить количество агротехнических уходов или отказаться от них); выращивать посадочный материал с закрытой корневой системой (можно проводить лесокультурные работы в течение всего вегетационного периода и создавать культуры без предварительной подготовки и последующего ухода); подбирать древесные породы в соответствии с условиями местопроизрастания; переходить на создание лесных культур сортовыми семенами и выращенными из них сеянцами и саженцами с высокими наследственными свойствами. Селекция в широком лесоводственном биоэкологическом смысле направ-

лена на получение деревьев с интенсивным приростом в высоту, поскольку при меньших диаметрах, но большей высоте получают больше древесины.

Интенсификация лесохозяйственного производства предусматривает выращивание насаждений новыми методами, например плантационным. Плантационное ведение хозяйства возможно на малопродуктивных лесных песчаных почвах, на которых лучше протекают микробиологические процессы в то время как на тяжелых глинистых почвах, где мало воздуха, их ход затрудняется. Использование микробиологических процессов — это высший уровень использования природы для производства биомассы. Лесные плантации можно создавать в районах интенсивного ведения лесного хозяйства с расчетом на ускоренное выращивание заданных сортиментов древесины за счет редкого размещения растений, при котором на длительное время исключается конкуренция между ними, обеспечивается максимальный прирост и исключается отпад. Наиболее целесообразно применение селекционного посадочного материала; в течение длительного (может быть и всего) периода выращивания древостоя требуется интенсивный агротехнический и лесоводственный уход, регулярные подкормки минеральными удобрениями.

Для площадей лесокультурного фонда категории *a* степной зоны был предложен метод прямоугольной механизированной посадки леса по глубоким плантажным бороздам (Писаренко, 1955, 1959, 1962), теоретическая предпосылка которого заключается в обеспечении равномерной площади питания, длительного механизированного ухода в двух перпендикулярных направлениях и большого прироста за счет редкого размещения растений. Равномерное размещение способствует хорошему формированию кроны и корневой системы, которая использует всю площадь питания, поскольку в степных условиях рост и развитие лимитирует влага. В зоне естественного распространения лесных насаждений древесные породы в той или иной степени обеспечены влагой и основным фактором их роста и развития является свет. У сильно затененных деревьев нарушается обмен веществ, что приводит к общему ослаблению. Незатененные экземпляры растут и развиваются значительно

лучше и выходят в первый ярус. В дальнейшем, попав под еще большее затенение лучших экземпляров вследствие их более быстрого развития, отстающие в росте деревья не получают даже минимально необходимого количества света, что вызывает расстройство функционирования активных надземной и подземной частей, прекращение обмена веществ и полное отмирание всего организма.

Высокопродуктивные лесные культуры имеются во всех зонах. Редкое размещение растений по площади и интенсивный систематический уход позволили получать прирост по высоте в культурах вяза мелколистного и акации белой до 2 м в год в Ленинском лесничестве Элистинского мехлесхоза Калмыцкой АССР, культуры дуба в этих условиях давали до четырех приростов (побегов) за вегетационный период. Высокопродуктивные культуры имеются в Хреновском лесхозе-техникуме Воронежской области, в Поречье и Андреевском леспромхозе Владимирской области и др. В зоне тайги широкую известность получили высокопродуктивные насаждения, созданные Н. В. Теплоуховым, которые имеют значительно бóльшую производительность, чем естественные насаждения.

В плантационных культурах густота должна быть уменьшена по сравнению с традиционными лесными культурами и поддерживаться в пределах, исключающих конкуренцию между деревьями, что можно достигнуть своевременным систематическим проведением опережающего ухода. Большое значение при выращивании плантационных культур имеет также агротехнический уход в течение всего периода выращивания: уничтожение травянистой растительности и появляющейся поросли. Исключение конкуренции со стороны травянистой растительности способствует увеличению прироста насаждений.

Уничтожение напочвенного покрова имеет особо важное значение при внесении удобрений, поскольку при его наличии древесные растения используют лишь 20—25 % питательных веществ, а остальную часть перехватывают и связывают травы, имеющие гораздо большую массу активной поверхностной корневой системы. Интенсификация производства при плантационном лесовыращивании требует комплексной механиз-

ции всех процессов с разумным сочетанием агротехнических приемов и использованием химических средств (гербицидов и удобрений). Теоретические обобщения позволяют сделать следующие выводы: для успешного лесовосстановления большое значение приобретают организационные формы управления процессом воспроизводства; протекание процесса в природной обстановке зависит от региональных условий в широком их понимании и толковании (это определяет необходимость изучения вопросов воспроизводства с учетом типологического аспекта группировки информационных данных — экологические группировки создавались по группам типов леса, свойственных различным зонам); возобновительный процесс протекает на определенном хозяйственно-экономическом фоне и сопровождается определенной затратой материальных ресурсов, следовательно, экономические аспекты необходимо учитывать обязательно, а основу технологии и управления лесовозобновления должно составлять умелое оперирование с массой информации о громадных территориях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алексеев С. В., Молчанов А. А.* Выборочные рубки в лесах Севера. М., Изд-во АН СССР, 1954. 148 с.
- Аппельбрут С. Э.* Изучение трудовых процессов при посадке и посеве леса в лесном хозяйстве. МСЛНИО, Нидерланды, 1974. 28 с.
- Арнольд Ф. К.* Русский лес. Т. 1—3, 1893—1898. 705 с.
- Атрохин В. Г.* Биоэкологические основы формирования высокопродуктивных насаждений. М., «Лесная промышленность», 1967. 180 с.
- Багинский В. Ф.* Ход роста и товарная структура древостоев в различных областях БССР. — «Лесохозяйственная наука и практика», 1974, вып. 24, с. 104—112.
- Баранник А. Б.* Создание культур ели крупным посадочным материалом. М., ЦБНТИлесхоз, 1972. 42 с.
- Болотов А. Т.* О рублении, поправлении и заведении лесов. — «Труды Вольного Экономического Общества Российской АН». 1766—1767, ч. V, с. 78—130.
- Буш М. К. и др.* Лесопосадочный материал «Брика». Рига, «Зинатне», 1974. 136 с.
- Веткасоз В. К., Блохина Г. П.* Выживаемость подроста на лесосеках, разработанных узкими лентами. — В кн.: Наука и лесное хозяйство. Ижевск, «Удмуртия», 1965, с. 41—44.
- Воронин И. В.* Производственные фонды лесного хозяйства СССР и за рубежом. М., ЦБНТИлесхоз, 1974. 59 с.
- Воропанов П. В.* О повышении общей продуктивности лесов рубками ухода. М., Гослесбумиздат, 1962. 156 с.
- Высоцкий К. К.* Закономерности строения смешанных древостоев. М., Гослесбумиздат, 1962. 177 с.
- Генко Н. К.* О естественном и искусственном возобновлении сосны в среднем Поволжье. — «Труды IX Всероссийского съезда лесовладельцев и лесохозяев в г. Самаре». СПб, 1900, с. 83—90.

Георгиевский Н. П. Повышение продуктивности лесов. М., Гослесбумиздат, 1960. 39 с.

Гимельфарб А. А. Динамическая теория биологических популяций. М., «Наука», 1974. 456 с.

Гиргидов Д. Я. Семеноводство сосны на селекционной основе. М., «Лесная промышленность», 1976. 64 с.

Глуцкий Н. И. О густоте лесных культур. — «Лесное хозяйство», 1957, № 11, с. 37—39.

Давыдов А. В. Рубки ухода за лесом. М., «Лесная промышленность», 1971. 184 с.

Декатов Н. Е. Простейшие мероприятия по возобновлению леса при концентрированных рубках. М., Гослесбумиздат, 1936. 112 с.

Декатов Н. Е. Мероприятия по возобновлению леса при механизированных лесозаготовках. М., Гослесбумиздат, 1961. 278 с.

Дерябин Д. И., Буштынов А. Д. Лесоводственное значение хвойного подроста. М., «Лесная промышленность», 1970. 94 с.

Дерябин Д. И. Технология механизированного производства лесосечных работ с сохранением подроста. М., Гослесбумиздат, 1963. 35 с.

Добровлянский В. Я. Из русских лесов. — Приложение к ежегоднику СПб лесного института», 1888, 3, 131 с.

Димитров В. Д. Методические основы экономической оценки лесных культур. ЛенНИИЛХ, 1971. 52 с.

Дударев А. Д., Успенский В. В. Искусственное воспроизводство как средство повышения продуктивности леса. — «Труды ВЛТИ», 1969, т. 32, вып. 3, с. 103—108.

Жуков А. Б. Естественные и искусственные леса. — «Бюлл. АН СССР. Сер. — биол.», 1962, вып. 4, с. 614—620.

Звонкова А. А. Влияние палов на условия лесовозобновления вырубок Архангельской области. — В кн.: Состояние возобновления и пути формирования молодняков на концентрированных вырубках Северо-Запада европейской части СССР. Архангельск, 1971, с. 24—25.

Игаунис Г. А. Выращивание посадочного материала в теплицах с синтетическим покрытием. М., «Лесная промышленность», 1974. 236 с.

Исаченко Х. М. Опыт лесоразведения в центральных областях европейской части СССР. М., Гослесбумиздат, 1957. 112 с.

Казимиров Н. И. Ельники Карелии. Л., «Наука», 1971. 138 с.

Кайрюкшис Л. А. Научные основы формирования высокопродуктивных елово-лиственных насаждений. М., «Лесная промышленность», 1969. 208 с.

Кайрюкшис Л. А., Юодвалькис А. И. Оптимальная густота еловых молодняков. — «Лесное хозяйство», 1975, № 2, с. 18—22.

Калиниченко Н. П., Писаренко А. И., Смирнов Н. А. Лесовосстановление и лесовыращивание. М., «Лесная промышленность», 1967. 231 с.

Калиниченко Н. П., Писаренко А. И., Смирнов Н. А. Лесовосстановление на вырубках. М., «Лесная промышленность», 1973. 325 с.

Каппер О. Г. Хвойные породы. М., Гослесбумиздат, 1954. 304 с.

Касимов В. Д. Классификация елового подроста под пологом леса. — «Лесное хозяйство», 1960, № 7, с. 9—11.

Киселев А. Ф. Продуктивность культур ели в зависимости от густоты насаждений. — «Ботаника», 1964, вып. 6, с. 140—143.

Кислова Т. А. Экономическая эффективность в лесохозяйственном производстве. М., «Лесная промышленность», 1970. 128 с.

Кищенко Т. И., Козлов И. Ф. Леса и лесное хозяйство Карелии. — В кн.: Леса СССР. Т. 1, М., «Наука», 1966, с. 157—196.

Кожевников А. М., Терехова Р. Л. Влияние изреживания сосновых насаждений на текущий прирост. — «Лесохозяйственная наука и практика», 1975, вып. 25, с. 37—40.

Кожевников П. П., Ефимова М. А. Лесорастительные районы водоохранной зоны. — «Труды ВНИИЛХ», 1939, вып. 6, с. 75.

Козловский В. Б. Экономическое обоснование способов возобновления леса. — «Лесное хозяйство», 1959, № 5, с. 56—61.

Колданов В. Я. Смена пород и лесовосстановление. М., «Лесная промышленность», 1966. 171 с.

Колданов В. Я. Степное лесоразведение. М., «Лесная промышленность», 1967. 222 с.

Кондратьев П. С. Влияние густоты посадки на рост сосновых насаждений. — «Лесное хозяйство», 1939, № 12, с. 27—33.

Кондратьев П. С. Новые данные наблюдений за ростом сосны разной густоты. — «Изв. ТСХА», 1959, вып. 2, с. 141—154.

Корсунь Ф. Д. О методе составления таблиц хода роста. — «Лесное хозяйство», 1967, № 6, с. 49—50.

Курзин Н. И. Определение возраста технической спелости леса по данным таблиц классов возраста. — «Бюлл. техн. информ. по лесоустройству», 1958, № 1, с. 14—27.

Курнаев С. Ф. Лесорастительное районирование подзоны южной тайги и хвойно-широколиственных лесов в европейской части СССР. Ин-т леса АН СССР, 1958. 22 с.

Курнаев С. Ф. Лесорастительное районирование СССР. М., «Наука», 1973. 204 с.

Ласс Э. О значении первоначальной густоты культур сосны

обыкновенной на рост и развитие культур. — «Сборник научных трудов Эстонской с.-х. академии», 1960, 17, с. 9—20.

Левков В. Ф. Производительность сосновых молодняков в связи со способами их создания. — Труды ин-та леса и древесины АН СССР», 1961, т. 50, с. 21—42.

Лосицкий К. Б. Хозяйственная оценка смены пород в лесу. — «Труды ВНИИЛМа», 1962, вып. 45, с. 39—57.

Лосицкий К. Б., Чуенков В. С. Эталонные леса. М., «Лесная промышленность», 1973. 160 с.

Луганский Н. А. Научное обоснование способов возобновления и формирования молодняков на вырубках сосновых лесов Урала. Автореф. дис. на соиск. учен. степени д-ра с.-х. наук. Алма-Ата, 1974. 56 с. (Казахский с.-х. ин-т).

Львов П. Н. Зонально-географические особенности естественно-го возобновления древесных пород на вырубках Европейского Севера. — В кн.: Состояние возобновления и пути формирования молодняков на концентрированных вырубках Северо-Запада европейской части СССР. Архангельск, 1971, с. 51—58.

Львов П. Н. Природа лесов Европейского Севера и ведение в них хозяйства. Архангельск, 1971. 143 с.

Львов П. Н., Панов А. А. Содействие естественному возобновлению в таежной зоне. М., Гослесбумиздат, 1962. 112 с.

Львов П. Н., Чертовской В. Г. О влиянии лебедочной и тракторной трелевки на возобновление леса. — В кн.: Концентрированная рубка в лесах Севера». Изд-во АН СССР, 1954, с. 173—200.

Максимов В. Е. Физиологические особенности и рост елового подроста на лесосеках постепенных и сплошных рубок. — «Лесоведение», 1971, № 1, с. 84—88.

Матвеев-Мотин А. С. Прирост, производительность и продуктивность леса. М., Гослесбумиздат, 1962. 118 с.

Медведев Я. С. Опыт исследования гущины леса. — «Лесной журнал», 1910, вып. 4—5, с. 470—535.

Мелехов И. С. Механизация лесозаготовок и возобновление леса. — В кн.: Концентрированные рубки в лесах Севера. М., Изд-во АН СССР, 1954, с. 159—172.

Мелехов И. С. О теоретических основах типологии рубок. — «Лесной журнал», 1958, № 1, с. 27—38.

Мелехов И. С. Рубки главного пользования. М., «Лесная промышленность», 1962. 330 с.

Мелехов И. С. Лесоведение и лесоводство. МЛТИ, 1972. 176 с.

Мерзленко М. Д. Культуры ели К. Ф. Тюрмера на территории Смоленско-Московской возвышенности. — «Лесной журнал», 1972, № 2, с. 15—18.

Моисеев Н. А., Волосевич И. В., Дядицын Г. Н. Результаты рубок с сохранением хвойного тонкомера и крупного подроста в лесах Севера. — «Лесное хозяйство», 1966, № 5, с. 6—10.

Моисеев Н. А. Методические основы долгосрочных прогнозов по использованию и воспроизводству лесных ресурсов. — «Сборник работ по лесному хозяйству». М., «Лесная промышленность», 1971, вып. 53, с. 114—140.

Моисеев Н. А. и др. Методические вопросы определения экономической эффективности мероприятий по воспроизводству и использованию лесных ресурсов. — «Лесное хозяйство», 1969, № 12, с. 4—12.

Мойров С. Л. Влияние первоначальной густоты еловых культур на дальнейший рост насаждений. — «Лесное хозяйство», 1968, № 5, с. 26—29.

Молчанов А. А., Преображенский И. Ф. Леса и лесное хозяйство Архангельской области. Изд-во АН СССР, 1957. 238 с.

Молчанов А. А., Шиманюк А. П. Восстановительные процессы на концентрированных лесосеках. Изд-во АН СССР, 1949. 125 с.

Морозов Г. Ф. Будущность наших сосняков в связи с типами насаждений в зависимости от хозяйства в них. — «Вводный доклад для I Всероссийского съезда в г. Туле». СПб, 1909. 80 с.

Морозов Г. Ф. Учение о типах насаждений. М., Сельхозгиз, 1930. 411 с.

Морозов Г. Ф. Учение о лесе. М., Гослесбумиздат, 1949. 456 с.

Морозов Г. Ф. Избр. труды. Т. 2. М., «Лесная промышленность», 1971. 356 с.

Мотовилов Г. П. Способы применения лесной типологии в лесоустройстве. — В кн.: Методические указания к изучению типов леса. Изд-во АН СССР, 1957, с. 105—114.

Нартов А. А. О посеве леса. — «Труды Вольного Экономического Общества Российской АН», 1765, ч. I, СПб, с. 28—35.

Никитин К. Е. Лиственница на Украине. Киев, «Урожай», 1966. 331 с.

Никитин К. Е. Применение ЭВМ в лесной таксации. М., «Лесная промышленность», 1972. 133 с.

Нилов В. Н. Роль предварительного молодняка в облесении вырубок еловых лесов южной подзоны тайги. — «Тезисы доклада к научной конференции по вопросам рубок, восстановления леса на Севере и химии древесины». Архангельск, 1966, с. 23—24.

Нилов В. Н. Типы вырубок южнотаежных еловых лесов Вологодской области. — В кн.: Некоторые вопросы типологии леса и выруб. Архангельск, 1972, с. 87—94.

Огиевский В. В., Рубцов Н. И. Лесные культуры и лесные мелиорации. М., «Высшая школа», 1960. 451 с.

Основные положения по лесному семеноводству в СССР. ЦБНТИ Гослесхоза СССР, 1976. 32 с.

Панов А. А. О влиянии механизированной трелевки на предварительное возобновление ели. — «Труды АЛТИ», 1955, вып. 16, с. 186—197.

Пастухова П. Н. Плодоношение сосны и ели в лесах Архангельской области. — В кн.: Вопросы таежного лесоводства на Европейском Севере. 1967, с. 87—100.

Пинчук А. М. Влияние различной густоты посадки на рост сосны обыкновенной. — «Труды Ин-та леса и древесины СО АН СССР», 1961, т. 50, с. 43—48.

Писаренко А. И. Опыт прямоугольной механизированной посадки леса по глубоким плантажным бороздам. — «Лесное хозяйство», 1955, № 7, с. 73—76.

Писаренко А. И. Об агротехнике подготовки почвы под лесонасаждения в крайне засушливой степи. — В кн.: Больше внимания защитному лесоразведению. Ставрополь, 1956, с. 34—43.

Писаренко А. И. Опыт лесоразведения в засушливой степи. М., Гослесбумиздат, 1959. 119 с.

Писаренко А. И. Восстановление хвойных пород на вырубках в европейской части РСФСР. ЦБНТИлесхоз, 1973. 59 с.

Побединский А. В. Изучение лесовосстановительных процессов. М., «Наука», 1966. 64 с.

Побединский А. В. Возобновление на вырубках в таежных лесах. — «Лесное хозяйство», 1970, № 10, с. 20—23.

Побединский А. В. Рубки и возобновление в таежных лесах СССР. М., «Лесная промышленность», 1973. 200 с.

Полянский Е. В., Димитров В. Д. Калькулирование себестоимости лесокультурных работ и лесных культур. ЛенНИИЛХ, 1973. 52 с.

Прокопьев М. Н. Лесные культуры на концентрированных вырубках. М., «Лесная промышленность», 1964. 144 с.

Рубцов В. И. Культуры сосны в лесостепи. М., «Лесная промышленность», 1969. 286 с.

Рубцов В. И. Рост и биологическая продуктивность 18-летних культур сосны разной густоты. ЦБНТИлесхоз, 1975. 27 с.

Румянцев Г. Т. Экономика лесовосстановительных работ. М., «Лесная промышленность», 1969. 110 с.

Румянцев Г. Т., Мартынова Н. М. Рекомендации по определению экономической эффективности искусственного и естественного лесовозобновления. ЛенНИИЛХ, 1972. 30 с.

Свалов Н. Н. Основы организации лесного хозяйства и лесопользования в многолесных районах. М., Гослесбумиздат, 1963. 209 с.

Свалов Н. Н. Методы составления таблиц классов бонитета. — «Лесное хозяйство», 1967, № 6, с. 46—49.

Синькевич М. С. О возобновлении вырубок хозяйственно ценными породами. — Лесное хозяйство, 1956, № 10, с. 15—18.

Синькевич М. С., Шубин В. И. Искусственное восстановление леса на вырубках Европейского Севера. Петрозаводск, «Карелия», 1969. 180 с.

Сукачев В. Н. Руководство к исследованию типов леса. М., Сельхозгиз, 1930. 316 с.

Телегин Н. П. Лесовосстановление в Швеции. ЦБНТИлесхоз, 1973. 48 с.

Тимофеев В. П. Семенники для возобновления рубок. М., Гослесбумиздат, 1943. 19 с.

Тимофеев В. П. Опыт выращивания лиственницы. М., Гослесбумиздат, 1954. 56 с.

Тимофеев В. П. Роль елового подроста в восстановлении вырубок. — Лесное хозяйство, 1968, № 12, с. 9—15.

Ткаченко М. Е. Влияние эксплуатации леса на возобновление. М., Сельхозиздат, 1931. 8 с.

Ткаченко М. Е. Концентрированные рубки, эксплуатация и возобновление леса. М., Сельхозиздат, 1931. 172 с.

Ткаченко М. Е. Общее лесоводство. М., Гослесбумиздат, 1952. 600 с.

Тюрин А. В. Нормальная производительность еловых насаждений. — В кн.: Записки Воронежского с.-х. ин-та. Т. 6, Воронеж, 1926, с. 162—196.

Тюрин А. В. Нормальная производительность насаждений. Всеобщие таблицы хода роста. М., Сельхозиздат, 1930. 198 с.

Фадин А. И. О густоте культур ели. — «Лесоинженерное дело», 1958, № 3, с. 28—30.

Харитонович Ф. Н. Закономерности роста сосны обыкновенной. — «Лесное хозяйство», 1961, № 11, с. 18—22.

Хильми Г. Ф. Теоретическая биофизика леса. Изд-во АН СССР, 1957. 208 с.

Чертовской В. Г. Вопросы географии леса Севера европейской части СССР. Архангельск, 1972, с. 78—92.

Чертовской В. Г., Нилов В. Н. Возобновляемость некоторых типов елового леса европейской тайги. — В кн.: Некоторые вопросы типологии леса и вырубок. Архангельск, 1972, с. 78—92.

Шафранов Н. С. Лесовозращение. Учение о производстве продуктов лесного хозяйства. СПб, 1875. 414 с.

Шелгунов Н. В. Руководство для лесовладельцев. Т. 2. СПб, 1856. 77 с.

Шиманюк А. П. Естественное возобновление на концентрированных вырубках. Изд-во АН СССР, 1955. 356 с.

Шумаков В. С. Типы лесных культур и плодородие почвы. М., Гослесбумиздат, 1963. 179 с.

Юновидов А. П. Взаимосвязь между полнотой, густотой и сомкнутостью полога древостоев. — «Лесное хозяйство», 1951, № 10, с. 23—27.

Юрре Н. А. Создать полноценные насаждения на вырубках в таежной зоне. — «Лесное хозяйство», 1954, № 4, с. 40—45.

Яшинов Л. И. Краткий курс лесоведения и общего лесоводства. М., Сельхозиздат, 1931. 211 с.

Armson K., Sadreika V. Forest tree nursery soil management and related practices. Ministry of natural resources Ontario, 1974, p. 177.

Altherr E. Die Bedeutung der pflanzenverbandes für die Fichtenbestände. — «Allg. Forstzeitschrift», 1966, 21, N 11—12, 191—194, S. 196—200.

Abez H., Merkel A. Ein Fichten-Reihenpflanzbestand aus dem June 1974. — «Allg. Forstzeitschrift», 1965, 20, N 14, S. 201—203.

Cayford Y., Bickerstaff A. Man-made forests in Canada. Ottawa, 1964, cat. F 47—1240.

Carbonier C. Aktuella synpunkter på förhållningssättet speciellt med tanke på förändringens inflytande på kvantitet och kvalitetsproduktionen. — «Rapp. — Ochuppsat. Inst. skogprodukt, skogshogkolan», 1964, N 6, p. 15.

Mraček Z. V. Jakým způsobem kultury smrku. — «Lesnická Práce», 1967, 46, N 2, p. 53—56.

Oldenkamp L. Houtteeltkundige gronslag bij toepassing van grotere plantafstanden bij naaldbout. — «Nederl. bosbouw tijdschr», 1968, 40, N 5, p. 168—205.

Sibert H. Zum stand der Forstpflanzenanzucht in containern. — «Allg. Forstzeitschrift», 1974, N 47, S. 1023—1024.

Schmidt-Vogt V. Rationisierung der Forstkultur durch Verwendung von Grosspflanzen. — «Allg. Forstzeitschrift», 1970, 25, N 10, p. 195—200.

Uli-Vakkuri A. P. Taimista perustami atihays. — «Metsataloudellinen Aikakausle», 1968, 85, 2, p. 15.

Wiksten A. Et förband — storsök med planterad gran. — «Rapp. Ochuppsat. Inst. skogsprodukt, skogshogkolan», 1965, N 7, p. 87.

Jokann K., Pollanschutz J. Durchforstungsmodelle als Entcheidungsstufen beider Wahl geeigneter Durchforstungsstrategien und Ausgangsverbände der Fichte. — «Allg. Forstzeitung», 1974, N 11, S. 307—313.

Tronco G. IL Pioppo. Ramo editoriale degli agricoltori. Roma, 1964, p. 124.

FAO. «Unasylva», 1967, 87, p. 86.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Глава I. Современное состояние лесовосстановления	5
Глава II. Семеноводство и организация лесосеменного дела	27
Глава III. Выращивание посадочного материала	47
Глава IV. Естественное возобновление	70
Глава V. Содействие естественному возобновлению и сохранение подростa	92
Глава VI. Искусственное лесовосстановление	114
Глава VII. Густота лесных культур	144
Глава VIII. Формирование насаждений	165
Глава IX. Моделирование процессов лесовосстановления	177
Глава X. Техничко-экономическое обоснование способов лесовосстановления	214
Список литературы	244

Анатолий Иванович Писаренко

Лесовосстановление

Редактор издательства *Э. И. Снегирева*
Художественный редактор *В. Н. Журавский*
Технический редактор *Н. М. Серегина*
Корректор *Н. И. Голикова*
Переплет художника *Н. И. Шевцова*

ИБ № 577

Сдано в набор 18/III—1977 г.	Подписано в печать 9/VI—1977 г.	T-08870
Формат 84×108 ^{1/32}	Бумага типографская № 2	
Усл. печ. л. 13,02	Уч. изд. л. 14,92	Тираж 7000 экз.
Издат. № 65/76	Заказ 162	Цена 1 руб.

Издательство «Лесная промышленность», 101000,
Москва, ул. Кирова, 40а

Подольский филиал ПО «Периодика» Союзполиграфпрома
при Государственном комитете Совета Министров СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли
г. Подольск, ул. Кирова, д. 25