

отрубке: от 13 до 19,9 см и от 20 см и выше. Все расчеты технической спелости следует вести, ориентируясь на получение деловой древесины с диаметром в верхнем отрезе от 20 см и выше.

В этом случае возникает вопрос о необходимости повышения возраста рубки на один класс (см. табл. 1). Только таким путем можно ликвидировать дефицит в деловой древесине за счет увеличения выхода крупномерной деловой древесины с единицы площади, а также за счет улучшения качества получаемых сортиментов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антанайтис В.В. Закономерности лесной таксации. Каунас, 1976. С. 47—52.
2. Анучин Н.П. Сортиментные и товарные таблицы. М., 1968.
3. Арлаускас Л.С. Составление и моделирование сортиментно-сортных и товарных таблиц еловых древостоев с применением ЭВМ // Вопр. повышения продуктивности лесов. Каунас, 1979. 4. Дорецкий М.Л. Пособие по вариационной статистике. М., 1971.
5. Дмитрих О.В. Строение, динамика роста и товарной структуры основных насаждений западной части Украинского Полесья. М., 1982.
6. Ермаков В.Е. Продуктивность лесов Белоруссии и пути ее повышения: Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Ленинград, 1984.
7. Комплекс программ моделирования и решения задач программирования в условиях АСПР. Мн., 1981. С. 4—25.
8. Лехнович Е.П. Условия и факторы размещения лесопильного производства // Оптимизация развития лесн. и деревообрабатывающей пром-сти. Мн., 1973. С. 125—145.
9. Математическое обеспечение ЕС ЭВМ. Ин-т математики АН БССР. Мн., 1982. Вып. 6. С. 39—40.
10. Моисеенко Ф.П. Товарность лесов БССР. Мн., 1974.
11. Моисеенко Ф.П., Багинский В.Ф. Оптимальные возрасты рубок в лесах Белоруссии. Каунас, 1974. С. 64—67.
12. Народное хозяйство Белорусской ССР в 1986 г.: Стат. сб. Мн., 1987. С. 62—63.
13. Проблемы повышения продуктивности лесов. М.; Л., 1961. Т. 4. С. 128—139.
14. Машков В.А. Г. Научные основы таксации товарного строения древостоев: Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Л., 1979.

УДК 630\*228 + 630\*181

В.П.МАШКОВСКИЙ, В.Е.ЕРМАКОВ

#### ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА ХВОЙНЫХ ЛЕСОВ БЕЛОРУССИИ И ЕГО СВЯЗИ С УСЛОВИЯМИ МЕСТОПРОИЗРАСТАНИЯ

Для более полного использования потенциального плодородия лесных земель важное значение имеет формирование оптимального породного состава насаждений. В этой связи представляет интерес изучение породного состава лесов и его зависимости от условий местопроизрастания.

Такого рода исследования уже проводились в Белоруссии для некоторых древесных пород. Например, для сосново-еловых древостоев обнаружено, что их состав связан с условиями местопроизрастания. При ухудшении этих условий доля сосны в составе увеличивается, а ели падает [1, 2]. Аналогичная закономерность отмечена также для ельников [3] и сосняков [4]. В осиновых древостоях коэффициент состава для главной породы с улучшением почвенно-грунтовых условий повышается [5].

Данные исследования проводились с целью изучения особенностей породного состава сосняков и ельников и его связи с условиями местопроизраста-

ния. Анализировались материалы по десяти лесхозам республики: Бельничскому, Быховскому, Глубокскому, Кличевскому, Копыльскому, Костюковичскому, Любанскому, Полоцкому, Стародорожскому и Щучинскому. Лесхозы отбирались таким образом, чтобы по возможности охватить все лесорастительные зоны республики и, следовательно, получить более полное представление о породном составе хвойных лесов Белоруссии.

На основании документов лесоустроительного проектирования (форма 3.3 "Средние таксационные показатели насаждений по классам возраста в пределах типов леса") были вычислены средние составы и как важная характеристика условий местопроизрастания средние бонитеты сосновых и еловых насаждений по каждому типу леса в целом для всех десяти лесхозов.

Зависимость между составом и условиями местопроизрастания исследовалась с использованием методов регрессионного анализа [6]. Согласованность уравнений регрессии с экспериментальными данными устанавливалась сравнением F-критерия Фишера с табличным значением для уровня значимости  $\alpha = 0,05$ , а для оценки коэффициентов регрессии применялся t-критерий Стьюдента [7]. В качестве характеристики типов леса наряду со средним бонитетом использовались также гигро- и трофотопы [8]. Чтобы иметь возможность использовать качественные показатели в уравнениях регрессии, применялись индексные переменные. Трофотопы А, В и С оценивались значениями 1, 2 и 3 соответственно. В качестве показателя влажности использовался индекс гигротопы. Бонитетам I<sup>a</sup>, I-V, V<sup>a</sup> и V<sup>b</sup> ставились в соответствие величины 0,1-5, 6 и 7.

Таблица 1. Средний состав сосняков по типам леса

Тип леса	Коэффициент состава					
	сосна	береза	ольха черная	ель	дуб	осина
Лишайниковый	9,9	0,1	—	—	—	—
Вересковый	9,4	0,6	—	—	—	—
Брусничный	9,3	0,6	—	0,1	—	—
Мшистый	9,2	0,6	—	0,2	—	—
Орляковый	8,3	1,1	—	0,4	0,1	0,1
Кисличный	7,4	1,1	—	1,2	0,1	0,2
Черничный	8,0	1,5	—	0,4	—	0,1
Приручейно-травяной	5,9	2,8	0,6	0,4	0,1	0,2
Долгомошный	8,3	1,5	0,1	0,1	—	—
Багульниковый	9,5	0,5	—	—	—	—
Осоковый	8,2	1,6	0,1	0,1	—	—
Осоково-сфагновый	9,7	0,3	—	—	—	—
Сфагновый	10,0	—	—	—	—	—
Долгомошник мелиорированный	8,2	1,8	—	—	—	—
Багульник мелиорированный	9,2	0,8	—	—	—	—
Осоковый мелиорированный	8,2	1,7	0,1	—	—	—
Осоково-сфагновый мелиорированный	9,8	0,2	—	—	—	—
Сфагновый мелиорированный	10,0	—	—	—	—	—
Средний состав	8,7	0,9	—	0,3	—	0,1

Вычисленные средние составы сосняков и ельников приведены в табл. 1 и 2. Проанализировав эти данные, можно сказать, что доля запаса, приходящаяся на главную породу, в значительной степени изменяется в зависимости от типа леса. В сосняках эта величина колеблется от 5,9 в приручейно-травяном до 10 в сфагновом и сфагновом мелиорированном типах леса и в среднем составляет 8,7 единицы состава. Для ельников коэффициент состава варьирует от 3,9 в осоковом мелиорированном до 7,1 в кисличном типах леса. Тем не менее состав ельников более сложен, нежели сосняков. На главную породу в ельниках приходится 68 % запаса. Это почти на 20 % меньше, чем в сосновых лесах. Второй по значимости породой как в сосняках, так и в ельниках является береза. В сосновых лесах на сосну и березу в сумме приходится почти весь запас древесины (96 %). Береза не встречается только в двух сосновых типах леса — сфагновом и сфагновом мелиорированном. В ельниках она присутствует повсеместно и вместе с елью составляет 80 % общего запаса.

В составе большинства сосновых типов леса также встречается ель. Нет ее только в неблагоприятных условиях местопроизрастания (сосняки лишайниковый, вересковый, а также типы леса с гигротопом 4 и более, за исключением сосняков долгомошного и осокового). Средний коэффициент состава ели равен 0,3. В наиболее богатых типах леса (сосняки орляковый, кисличный, приручейно-травяной) в небольшом количестве встречаются дуб (менее 1 %

Таблица 2. Средние составы ельников по типам леса

Тип леса	Коэффициент состава								
	сосна	береза	ольха черная	ель	дуб	осина	граб	ясень	ольха серая
Брусничный	1,2	2,0	—	6,5	0,1	0,2	—	—	—
Мшистый	1,3	1,1	0,1	7,0	0,1	0,4	—	—	—
Орляковый	1,0	1,4	0,1	6,5	0,3	0,7	—	—	—
Кисличный	0,5	1,0	0,1	7,1	0,3	1,0	—	—	—
Черничный	1,0	1,5	0,2	6,3	0,1	0,9	—	—	—
Приручейно-травяной	0,5	1,6	1,7	5,8	0,1	0,3	—	—	—
Долгомошный	1,0	2,0	1,0	5,7	—	0,3	—	—	—
Осоковый	0,4	2,2	2,4	5,0	—	—	—	—	—
Осоково-сфагновый	1,9	3,0	—	5,1	—	—	—	—	—
Снытьевый	0,1	1,7	0,8	5,2	0,4	1,3	0,1	0,2	0,2
Крапивный	0,4	1,3	1,8	5,5	0,1	0,7	0,1	—	0,1
Папоротниковый	0,4	1,6	1,5	6,0	—	0,5	—	—	—
Долгомошник мелиорированный	0,9	3,6	0,1	5,4	—	—	—	—	—
Осоковый мелиорированный	1,2	4,1	0,8	3,9	—	—	—	—	—
Крапивный мелиорированный	0,6	1,5	0,3	7,0	—	0,6	—	—	—
Папоротник мелиорированный	0,4	0,8	2,0	4,8	0,5	1,5	—	—	—
Средний состав	0,7	1,2	0,2	6,8	0,2	0,9	—	—	—

общего запаса древесины) и осина (1 %). Последняя порода наблюдается также в черничном типе леса. Кроме того, в наиболее влажных и относительно богатых типах леса в породный состав сосновых лесов входит ольха черная (менее 1 % запаса).

В ельниках наряду с березой во всех типах леса есть сосна. Дуб, осина, ольха черная в еловых насаждениях встречаются значительно чаще и в большем количестве, чем в сосняках. Кроме того, в ельниках присутствуют такие породы, как граб, ясень, серая ольха.

В целом для сосняков можно отметить общую тенденцию к усложнению составов и уменьшению доли запаса, приходящейся на главную породу, в более богатых условиях местопроизрастания по сравнению с бедными. В ельниках же, напротив, с улучшением условий местопроизрастания коэффициент состава для главной породы увеличивается.

В результате регрессионного анализа были получены уравнения, связывающие коэффициенты составов различных пород с показателями, которые характеризуют условия местопроизрастания:

для сосновых насаждений

$$K_c = 7,606 + 0,338B; \quad (1)$$

$$K_b = 1,646 - 0,201B; \quad (2)$$

$$K_e = 0,507 - 0,0975B; \quad (3)$$

$$K_d = 0,0538 - 0,0105B; \quad (4)$$

$$K_{oc} = 0,103 - 0,0197B; \quad (5)$$

$$K_c = 10,817 - 0,953ГТ + 0,120Г^2Т; \quad (6)$$

$$K_b = -0,174 + 0,492ГТ - 0,0582Г^2Т; \quad (7)$$

$$K_e = -0,312 + 0,292ГТ - 0,0442Г^2Т; \quad (8)$$

$$K_d = -0,0515 + 0,0351ГТ - 0,00473Г^2Т; \quad (9)$$

$$K_{oc} = -0,109 + 0,0706ГТ - 0,00921Г^2Т; \quad (10)$$

$$K_{олч} = -0,150 + 0,0445ГТ; \quad (11)$$

для еловых насаждений

$$K_c = 0,266 + 0,279B; \quad (12)$$

$$K_b = 0,587 + 0,685B; \quad (13)$$

$$K_e = 6,751 - 0,496B; \quad (14)$$

$$K_d = 0,286 - 0,0838B; \quad (15)$$

$$K_{oc} = 1,196 - 0,350B; \quad (16)$$

$$K_c = 1,814 - 0,207ГТ + 0,0274Г^2Т; \quad (17)$$

$$K_b = 3,095 - 0,437ГТ + 0,0831Г^2Т; \quad (18)$$

$$K_e = -5,697 + 0,293ГТ - 0,0742Г^2Т; \quad (19)$$

$$K_d = -0,00540 + 0,0630ГТ - 0,0131Г^2Т; \quad (20)$$

$$K_{oc} = -0,321 + 0,264ГТ - 0,0476Г^2Т; \quad (21)$$

$$K_{олч} = -0,462 + 0,128ГТ; \quad (22)$$

где  $K_c, K_b, K_e, K_d, K_{oc}, K_{олч}$  — коэффициенты состава для сосны, березы, ели, дуба, осины и ольхи черной;  $B$  — индекс среднего бонитета;  $Г$  — индекс гигротопа;  $Т$  — индекс трюфотопы.

Таблица 3. Статистические показатели уравнений регрессии

Номер уравнения	F-критерий Фишера	Коэффициент множественной регрессии $R^2$	Стандартная ошибка оценки	T-критерий Стьюдента для коэффициентов регрессии при переменных	
				Б или ГТ	$Г^2Т$
1	10,46	0,629	0,867	3,234	—
2	6,26	0,530	0,666	-2,501	—
3	11,99	0,655	0,233	-3,463	—
4	6,89	0,549	0,033	-2,625	—
5	8,04	0,578	0,058	-2,835	—
6	15,46	0,821	0,658	-5,517	4,419
7	4,47	0,611	0,642	2,919	-2,199
8	40,86	0,919	0,125	8,862	-8,558
9	18,93	0,864	0,022	6,153	-5,279
10	75,57	0,954	0,022	12,267	-10,194
11	7,90	0,575	0,120	2,812	—
12	8,33	0,611	0,382	2,886	—
13	18,64	0,756	0,628	4,317	—
14	6,45	0,562	0,772	-2,541	—
15	5,49	0,531	0,141	-2,342	—
16	19,29	0,761	0,315	-4,392	—
17	6,55	0,708	0,353	-3,218	2,277
18	5,94	0,691	0,719	-3,346	3,394
19	5,60	0,680	0,710	2,272	-3,070
20	3,97	0,616	0,136	2,541	-2,816
21	12,44	0,810	0,296	4,967	-4,732
22	5,98	0,547	0,714	2,446	—

Некоторые статистические показатели, характеризующие данные уравнения, приведены в табл. 3.

Проанализировав уравнения (1) — (5) и (12) — (16), показывающие связь коэффициентов состава с бонитетом для сосняков и ельников соответственно, можно выделить три группы пород по их отношению к качеству условий местопроизрастания. Для сосняков эти группы следующие: 1) сосна; 2) береза, ель, дуб, осина; 3) ольха черная. С улучшением бонитета сосна в составе замещается породами второй группы. Это, по-видимому, происходит потому, что с улучшением условий местопроизрастания конкурентоспособность сосны растет медленнее, чем других пород. У ольхи черной не обнаружено зависимости доли ее участия от бонитета в составе сосняков и ельников. Вероятно, это связано с тем, что главным фактором, влияющим на распространение данной породы, является влажность почвы.

Для ельников, как и для сосняков, в первую группу входит сосна, во вторую — ель, дуб, осина. Береза в еловых насаждениях с улучшением условий местопроизрастания замещается в составе другими породами.

Уравнения (6) — (10) и (17) — (21) более детально описывают связь состава сосняков и ельников с условиями местопроизрастания и имеют лучшие статистические характеристики, чем уравнения первой группы. Каждое из данных уравнений имеет вид  $K = A_0 + A_1 ГТ + A_2 Г^2Т$ , где  $K$  — коэффициент состава;

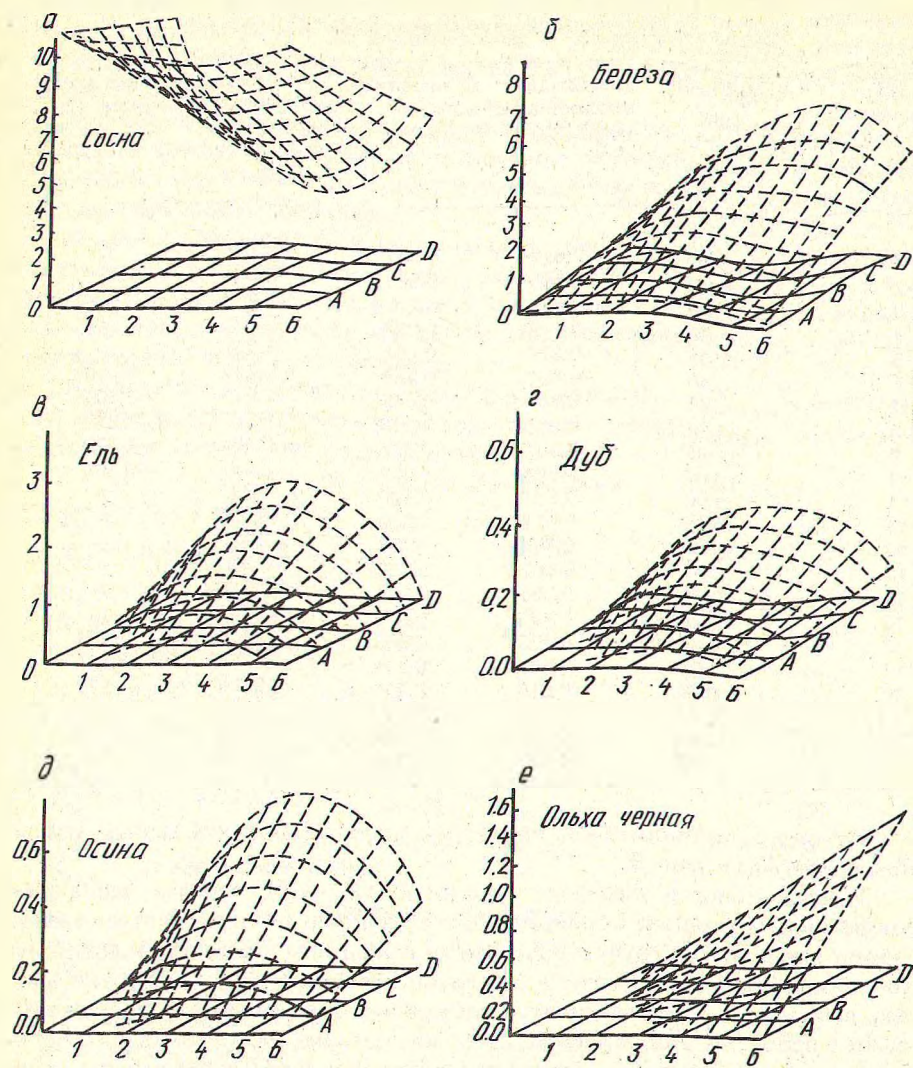


Рис. 1. Зависимость коэффициентов состава от эдафотопы (сосняки).

$A_0, A_1, A_2$  — коэффициенты регрессии.

При постоянном гигротопе коэффициент состава имеет линейную зависимость от трофотопы:  $K = A_0 + T(A_1 \Gamma + A_2 \Gamma^2)$ , зависимость же  $K$  от гигротопы при фиксированном трофотопе имеет вид параболы второй степени.

Формы поверхностей значений коэффициентов состава, которые построены по приведенным выше уравнениям на плоскости координат, являющейся эдафической сеткой Погребняка, показаны на рис. 1 и 2. На рисунках видно уменьшение доли запаса насаждений, приходящейся на сосну (рис. 1, а; 2, а), и увеличение в составе ели (рис. 1, в; 2, в), дуба (рис. 1, г, 2, г) и осины

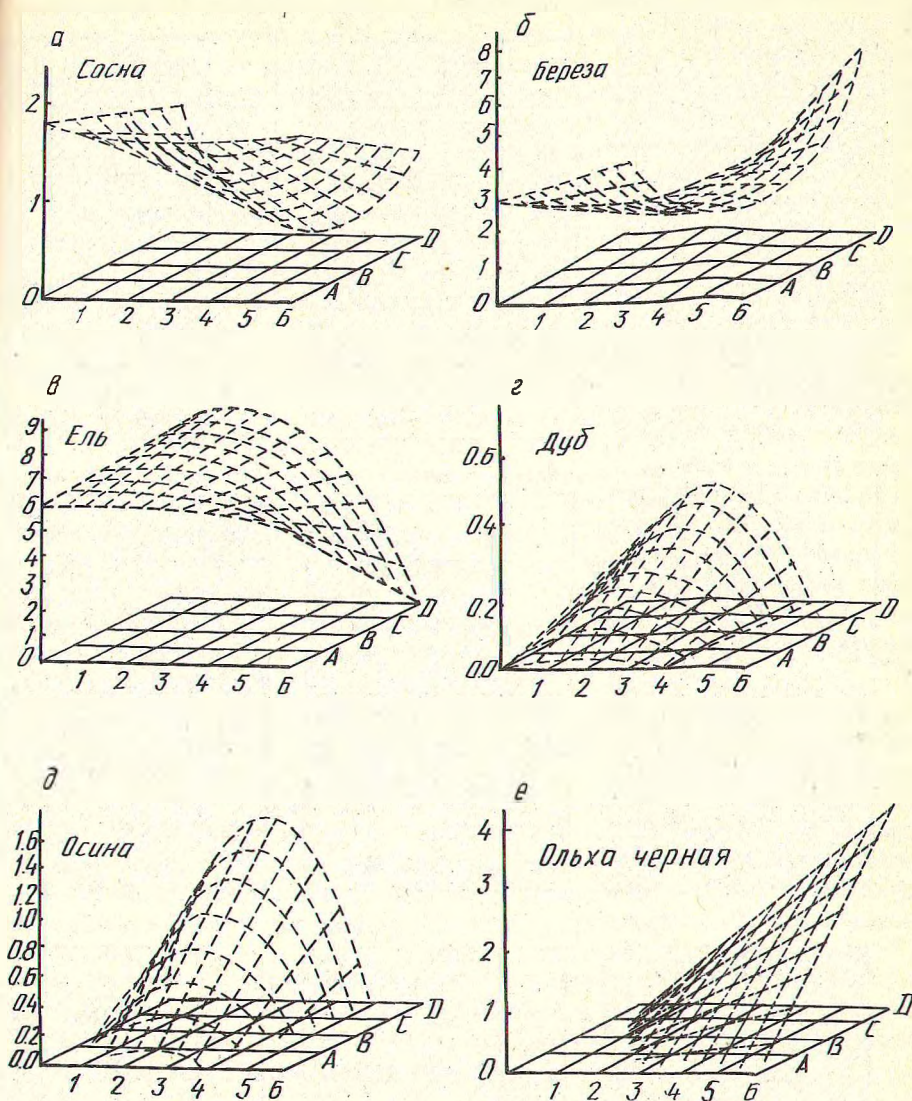


Рис. 2. Зависимость коэффициентов состава от эдафотопы (ельники).

(рис. 1, д; 2, д) при переходе от неблагоприятных условий местопроизрастания, имеющих эдафотопы А1, А6, к более благоприятным.

Береза, имеющая в сосняках выпуклую форму поверхности (рис. 1, б), характерную для пород второй группы, в ельниках меняет ее на вогнутую (рис. 2, б). Это позволяет нам расположить ее между сосной, с одной стороны, и елью, дубом, осиной, с другой, по скорости роста конкурентоспособности с улучшением условий местопроизрастания. В сосняках, где главным конкурентом березы является сосна, она замещает последнюю при переходе

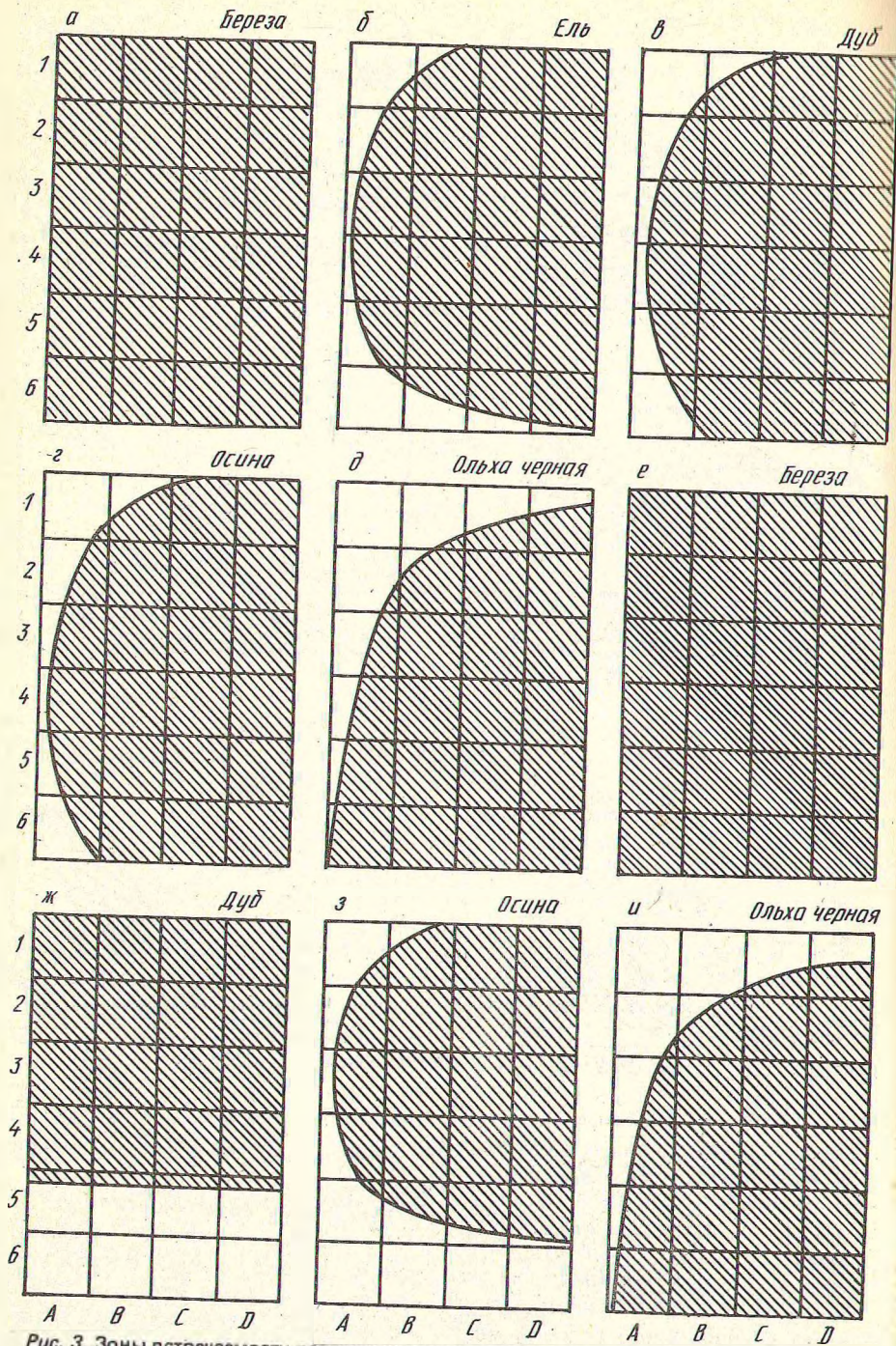


Рис. 3. Зоны встречаемости различных пород в составе насаждений на эдафической сетке Погребняка.

от менее благоприятных условий к более благоприятным, а в ельниках, где березе в основном приходится конкурировать с елью, осиной и дубом, наоборот, доля ее в составе с улучшением условий местопроизрастания падает.

Области эдафической сетки, в которых коэффициенты состава различных пород, встречающихся в примеси, принимают положительные значения, изображены на рис. 3. Эти области построены на основании регрессионных уравнений связи коэффициентов состава с гигро- и трофотопом.

Нетрудно проследить закономерность: чем в меньшей степени представлена порода в среднем составе, тем в меньшем числе типов леса она встречается и тем более требовательной является к плодородию почвы. Так, береза и сосна, относящиеся к олиготрофным породам [9], встречаются в составе всех еловых типов леса, а береза присутствует также в примеси почти во всех сосновых. Далее идет примесь мезотрофов: ель (для сосняков, рис. 3, б) и осина (для сосняков, рис. 3, г и для ельников, рис. 3, з), встречающиеся в относительно богатых типах леса. Завершает этот ряд наиболее требовательный к почвенным условиям дуб (рис. 3, в, ж), который отмечен только в самых благоприятных условиях местопроизрастания. Особое место на эдафической сетке Погребняка заняла ольха черная (рис. 3, д, и), ареал которой явно сдвинут в направлении увеличения влажности почвы. Это видно и из уравнений регрессии (11), (22), в которых коэффициент при члене  $\Gamma^2 T$  равен нулю, в связи с чем коэффициент состава для ольхи черной с увеличением гигротопы монотонно возрастает. Это хорошо иллюстрируют рис. 1, е и 2, е. В целом можно отметить, что все древесные породы в примеси встречаются в ельниках в большем числе типов леса, чем в сосняках.

В заключение можно сделать следующие выводы:

1. С улучшением условий местопроизрастания доля сосны в составе насаждений падает, а доля ели, осины и дуба возрастает. Представленность березы в сосновых лесах увеличивается с улучшением условий местопроизрастания, а в еловых — уменьшается. Отмеченные закономерности, по-видимому, объясняются разной скоростью повышения конкурентоспособности различных пород с улучшением условий местопроизрастания. Встречаемость черной ольхи в составе сосняков и ельников определяется главным образом влажностью почвы.

2. Полученные уравнения не могут использоваться для интерполяции и прогноза, так как зависимыми переменными в них служат качественные показатели. Однако они могут оказать существенную помощь при анализе связи составов с условиями местопроизрастания.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Багинский В.Ф., Терехова Р.Л. Особенности роста сосны и ели при совместном произрастании в лесах Белоруссии // Лесоведение. 1982. № 6. С. 71–78.
- Багинский В.Ф. Продуктивность и территориальное размещение сосново-еловых древостоев в БССР // Лесохозяйств. пути повышения продуктивности лесов БССР. М., 1985. С. 58–67.
- Ермаков В.Е. Исследование состава еловых древостоев // Лесоведение и лесн. хоз-во. Мн., 1969. Вып. 1. С. 156–159.
- Ермаков В.Е., Машковский В.П. Исследование состава сосновых лесов // Лесоведение и лесн. хоз-во. Мн., 1987. Вып. 22.
- Петровский П.Я. Изменение состава осинников в зависимости от

возраста и условий местопроизрастания // Ботаника. Исслед. Мн., 1965. Вып. 7. С. 106–110. 6. Статистические методы для ЭВМ / Под ред. К.Энслейна, Э.Рэлстона, Г.С.Уилфа. М., 1986. 7. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. М., 1984. 8. Юркевич И.Д. Выделение типов леса при лесостроительных работах. Мн., 1980. 9. Мелехов И.С. Лесоведение. М., 1980.

УДК 630\*566:681.31

О.А.АТРОЩЕНКО, А.Г.КОСТЕНКО

## ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ БЕЛОВЕЖСКОЙ ПУЩИ ПО ПОЧВЕННО-ТИПОЛОГИЧЕСКИМ ГРУППАМ

Интенсификация лесного хозяйства связана с устройством лесов на почвенно-типологической основе. В нашей стране с 1959 г. проводятся работы по почвенно-типологическому обследованию лесов, что позволило произвести классификацию роста и производительности древостоев на почвенно-типологической основе.

В практике лесоустройства Белоруссии применяется классификация условий местопроизрастания по почвенно-типологическим группам (ПТГ), разработанная на лесотипологической основе с учетом степени влажности и богатства почвы, характера подстилающей породы [1, 2].

По материалам повторного лесоустройства лесов Беловежской пуши в 1981 г. получены данные, характеризующие фактическую производительность сосновых древостоев по ПТГ. При этом было выделено 13 ПТГ сосняков: 1) лишайниковые, произрастающие на дерново-подзолистых, рыхло-песчаных автоморфных почвах; 2) мшисто-вересковые на дерново-подзолистых (ДПЗ) автоморфных, реже внизу оглеенных рыхло-песчаных почвах; 3) вересково-мшистые на ДПЗ автоморфных и внизу оглеенных песчаных почвах; 4) мшисто-орляковые на ДПЗ автоморфных, внизу оглеенных и контактно оглеенных почвах на двучленных породах; 5) мшисто-орляково-черничные на ДПЗ временно избыточно увлажняемых песчаных почвах; 6) орляково-черничные на ДПЗ временно избыточно увлажняемых почвах на двучленных породах (песок-суглинок); 7) сосняки черничные на ДПЗ глееватых и глеевых песчаных почвах; 8) орляково-черничные на ДПЗ глееватых и глеевых почвах на двучленных породах; 9) долгомошные на ДПЗ и торфяно-подзолистых почвах; 10) долгомошно-багульниковые на торфяно-болотных почвах верхового типа; 11) осоково-сфагновые на торфяно-болотных почвах верхового типа; 12) сфагновые на торфяно-болотных почвах верхового типа; 13) долгомошно-багульниковые на мелиорируемых торфяно-болотных почвах верхового типа.

По данным глазомерно-измерительной таксации древостоев (6896 таксационных выделов), на ЕС ЭВМ вычислены средневзвешенные (вес наблюдений — площади таксационных выделов) по классам возраста значения состава, класса бонитета, диаметра, высоты, относительной полноты и запаса древостоев для первого и второго ярусов, запасы древостоев ( $m^3/га$ ) приведены к полной единице.