

## ОБОСНОВАНИЕ ИНДИКАТОРОВ ПЕРВОНАЧАЛЬНОЙ ГУСТОТЫ ДРЕВОСТОЕВ

Известно, что в определенных условиях местопрорастания количественные и качественные показатели насаждений главным образом определяются густотой стояния и характером размещения деревьев по площади. Неслучайно в последние годы особое внимание уделяется составлению нормативов по оценке роста и продуктивности древостоев различной густоты. В нашей стране первый, достаточно обоснованный метод составления таблиц хода роста (ТХР) по разрядам густоты, был предложен В.Ф. Лебковым (Лебков, 1965). Метод предлагает определение принадлежности древостоев к тому или иному разряду густоты и последующее изучение их средних значений, а также динамики числа деревьев по положению изучаемого древостоя в поле рассеивания точек, характеризующем зависимость густоты от среднего диаметра. При этом автор метода считает, что насаждения на протяжении всей жизни относятся к одному и тому же разряду густоты. Критический анализ данного метода был дан Г.С. Разным (1966), который выявил ряд недостатков. В частности, он доказал, что кривые зависимости между средним диаметром и текущей густотой насаждений различной первоначальной густоты не параллельны, а пересекаются при определенных значениях среднего диаметра. Таким образом, ставится под сомнение возможность правильного определения принадлежности древостоев к одному разделу густоты по разработанной В.Ф. Лебковым шкале.

Иной подход при составлении ТХР древостоев разной густоты применил А.П. Тябера (1980, 1982). Динамику густоты он изучает, используя данные ранее разработанных ТХР. Другие таксационные показатели древостоев разной густоты определяются на основе изученных закономерностей роста отдельных деревьев. Не отрицая оригинальности этого подхода, следует отметить, что методы составления ТХР сглаживают возрастные изменения параметров древостоев, в том числе их густоты. Эти нормативы разрабатываются на основе изучения разнородных древостоев, относящихся к различным группам по первоначальной густоте. Так, многочисленными исследованиями доказано, что в результате разной интенсивности естественного изреживания в древостоях различной густоты отклонения в числе стволов с возрастом сглаживаются (Мартынов, 1974). В разработанных А.П. Тябером ТХР возрастная динамика числа стволов

древостоев с различной базой густоты (густотой в 100-летнем возрасте), естественно, не подчиняется этой закономерности.

Г.С.Разин (1967,1977) при составлении ТХР предлагает совокупность исследуемых древостоев разделить на группы по первичной густоте на основе индикаторов начальной густоты. В качестве индикаторов он предлагает использовать различные показатели: средние величины таксационных показателей древостоя, объем, площадь сечения ствола или кроны, диаметр ствола или кроны, процент протяжения кроны, третий показатель формы ствола, отношение площади сечения к ее высоте и т.д. При составлении ТХР ельников Пермской области Г.С. Разиным из перечисленных показателей предпочтение было отдано среднему диаметру древостоя (Разин,1977). Данный подход, на наш взгляд, заслуживает особого внимания. Это объясняется тем, что если есть показатель, по которому древостои разной первоначальной густоты стабильно отличаются на протяжении всей жизни, то разработка ТХР для этих древостоев возможна даже на основе однократных измерений на пробных площадях. Однако вызывает некоторое сомнение возможность использования в качестве индикаторов всех предлагаемых автором показателей. В целом пригодность того или иного показателя в качестве индикатора первоначальной густоты можно установить только на основе анализа большого количества данных, полученных на постоянных пробных площадях. В этом плане наиболее ценными объектами являются опытные посадки различной густоты. Среди них наибольший интерес представляют самые старые культуры сосны, заложенные в 1879 г. М.К. Турским и в 1901 г. Н.С. Нестеровым в лесной даче УСХА. Не менее интересны культуры сосны разной густоты, созданные в 1940 г. Боярской лесной опытной станцией УСХА. Данные, полученные с этих трех объектов, послужили экспериментальной базой данной работы. Сведения об особенностях роста, продуктивности и устойчивости указанных культур приводятся во многих работах (Кондратьев, 1959; Эйтинген,1962; Савич и др., 1978). Установлено, что неодинаковая интенсивность изреживания насаждений, созданных при различной густоте посадки, приводит к постепенному выравниванию в них числа деревьев, диаметров текущего объемного прироста. Общая продуктивность насаждений в первые годы выше в более густых посадках, а затем выравнивается. С возрастом превосходство в абсолютной полноте и наличном запасе древесины постепенно переходит от густых к более редким культурам.

В целом анализ литературных источников и материалов опытных посадок различной густоты позволяет отметить, что имеющиеся на момент обследования различия между культурами по многим таксационным признакам обусловлены особенностями роста в первые годы их сущест-

вования. Это объясняется тем, что редкие смолоду насаждения растут значительно лучше, чем густые. Причем избыточная начальная густота приводит к ухудшению роста всех деревьев насаждения, в том числе и наиболее крупных, которые сохраняются до возраста спелости (Рубцов и др., 1976, Савич и др. 1978). Следовательно, по величине тех или иных таксационных показателей в старшем возрасте, можно, без указания числа деревьев, разделить древостои на группы по первоначальной густоте. По материалам опытных посадок прошлых лет нами были проведены специальные исследования по определению показателей (индикаторов начальной густоты), которые наилучшим образом отвечают этой цели. Было установлено, что наиболее стабильное, одностороннее влияние густота оказывает на средний диаметр древостоя. Чем выше густота посадки, тем меньше абсолютные величины этого показателя (см. таблицу).

Исключений из этого правила немного. Поэтому использование только среднего диаметра в качестве индикатора начальной густоты в некоторых случаях может дать ошибочные результаты. Многие исследователи для характеристики истинного состояния древостоев предлагают использовать несколько показателей. Еще в начале века Я.С. Медведев и А. Г. Марченко при биологической оценке насаждений обратили внимание на изучение не одного таксационного признака, а двух, определяющих рост любых растений - высоты и диаметра (Высоцкий, 1962).

Причем высота и диаметр - это наиболее точно и просто определяемые показатели деревьев и древостоев.

Влияние густоты древостоев на их высоту в специальной литературе оценивается неоднозначно. В.В. Антанайтис и др. (1986) считают, что с увеличением густоты до определенного предела средняя высота древостоев повышается. С дальнейшим увеличением густоты этот показатель либо уменьшается, либо почти не изменяется. Н. Мартынов (1974) на основе анализа большого числа работ зарубежных и отечественных исследователей пришел к выводу, что некоторое повышение высоты с увеличением числа деревьев наблюдается только в раннем возрасте, и притом до определенного значения густоты. Материалы, приведенные в таблице, подтверждают этот вывод.

Данные таблицы, а также результаты других исследователей свидетельствуют, что с возрастом различия по высоте и диаметру между культурами различной первоначальной густоты постепенно сглаживаются. Однако этот процесс происходит значительно медленнее, чем выравнивание числа стволов в этих культурах. Следовательно, изменение диаметра и высоты насаждений происходит не пропорционально изменению их густоты, а с некоторым отставанием. Поэтому в старшем возрасте даже при одинаковом числе деревьев первоначально густые насаждения

**Таксационная характеристика лесных культур различной первоначальной густоты (в знаменателе - отклонения (%)) показателей более густых культур от редких)**

Возраст лет	Число деревьев шт./га	Средние		Относительные высоты	
		диаметр, см	высота, м	h/d, см/см <sup>2</sup>	h/g см/см <sup>2</sup>
<b>1. Лесные культуры, заложенные М.К. Турским в лесной опытной зоне ТСХА</b>					
<b>1.1 Редкая посадка (2196 семян на 1 га)</b>					
15	2312	7,8	7,0	89,7	14,7
26	2165	12,1	9,8	81,0	8,5
34	2017	15,1	13,0	86,1	7,3
47	1476	17,0	16,0	94,1	7,1
57	1389	19,8	19,3	97,5	6,3
67	1000	20,4	20,6	101,0	6,3
75	889	20,9	21,0	100,5	6,1
80	778	21,9	21,5	98,2	5,7
<b>1.2 Посадка средней густоты (4932 семян на 1 га)</b>					
75	4202	7,0/-10,3	7,0/0	100,0/+11,5	18,2/+28,8
26	4028	10,5/-13,2	8,2/-16,3	78,1/-3,5	9,5/+11,8
34	3082	13,5/-10,6	10,9/-16,2	74,1/-13,9	7,6/+4,1
47	2171	15,3/-10,0	13,5/-15,6	88,2/-6,3	7,4/+4,2
57		17,5/-11,6	17,0/-11,9	97,1/-0,4	7,1/+12,7
67		18,4/-9,8	18,5/-10,2	100,5/-0,5	7,0/+11,1
75		20,8/-0,5	20,6/-1,9	99,0/-1,5	6,1/0
80		21,0/-4,1	21,5/0	102,0/+3,9	6,2/+8,8
<b>1.3 Густая посадка (8784 семян на 1 га)</b>					
15	8877	5,4/-30,6	5,4/-22,8	100/+11,5	23,6/+60,5
26	7346	8,4/-30,5	7,0/-28,6	83,3/-2,8	12,6/+48,7
34	4183	11,7/-22,5	9,0/-30,8	76,9/-10,7	8,4/+15,1
47	2091	13,8/-18,8	12,0/-25,0	87,0/-7,5	8,0/+13,1
57	1361	17,4/-12,1	16,0/-17,1	92,0/-5,6	6,8/+7,9
67	1069	17,9/-12,3	18,5/-10,2	103,4/+2,4	7,4/+17,5
75	632	20,5/-1,9	20,5/-2,3	100,0/-0,5	6,2/+1,9
80	486	21,3/-2,7	21,3/-0,9	100,0/+1,8	6,0/+5,3
<b>2. Лесные культуры, заложенные Н.С. Некрасовым в лесной опытной даче ТСХА</b>					
<b>2.1 начальная густота 2233 шт./га</b>					
13	2233	3,8	3,7	97,4	32,6
24	1446	13,0	9,8	75,4	7,4

## Продолжение таблицы

Возраст лет	Число деревьев шт./га	Средние		Относительные высоты	
		диаметр, см	высота, м	h/d, см/см <sup>2</sup>	h/g см/см <sup>2</sup>
29	1266	14,9	12,0	80,5	6,9
39	1071	17,3	16,4	94,8	6,9
46	340	21,4	21,0	98,1	5,8
50	340	21,9	21,5	98,2	5,7
55	306	22,3	21,5	96,4	5,5
60	187	22,9	22,0	96,1	5,3
2.2 начальная густота 5986 шт./га					
13	5346	3,3/-13,1	4,3/+16,2	130,3/+33,	+50,6/+55,2
24	1787	12,0/-7,7	10,2/+4,1	85,0/+12,7	+9,0/+21,6
29	1785	14,3/-4,0	12,0/-	83,9/+4,2	+7,5/+8,7
39	1228	16,1/-6,9	15,0/-8,5	93,2/-1,7	+7,4/+7,2
46	686	18,9/-11,7	18,0/-14,3	95,2/-3,0	+6,4/+10,3
50	657	19,7/-10,0	19,0/-11,6	96,4/-1,8	+6,2/+8,8
55	514	20,0/-10,3	19,0/-11,6	95,0/-1,5	+6,1/+10,9
60	400	20,7/-97,6	20,5/-6,8	99,0/+3,0	+6,1/+15,1
2.3 начальная густота 19770 шт./га					
13	14835	3,4	4,4	120,4	+48,5
24	4277	9,4	9,9	105,3	+14,3
29	3707	11,7	10,0	85,5	+9,3
39	1790	14,0	12,0	85,7	+7,8
46	738	17,8	17,0	95,5	+6,8
507	668	19,0	18,0	94,7	+6,4
55	596	19,9	18,5	93,0	+6,0
60	526	20,5/-10,4	20,5	100,0	+6,2/+17,0
2.4 начальная густота 22830 шт/га					
13	14181	3,0/-21,2	4,4/+18,9	146,7/-50,6	+62,2/90,8
24	3567	9,8/-24,6	9,9/+1,0	101,0/+34,	+13,1/77,0
29	3310	11,6/-22,1	10,0/-16,7	86,2/+7,1	+9,5/37,7
39	1619	13,5/-22,0	10,5/-35,0	77,8/-17,9	+7,3/5,8
46	611	17,4/-18,7	17,0/-19,0	97,7/-0,4	+7,2/24,1
50	511	18,4/-16,0	18,0/-16,3	97,8/-0,4	+6,8/19,3
55	398	19,1/-14,3	18,1/-15,8	94,8/-1,7	+6,3/14,5
60	284	20,2/-11,8	20,5/-6,8	101,5/-5,6	+6,4/+20,8
3. Лесные культуры, заложенные Боярской лесной опытной станцией УСХА					
3.1 начальная густота 2,5 тыс. шт./га					
13	2100	9,4	5,4	57,4	7,8
17	2070	11,4	7,9	69,2	7,7

Возраст лет	Число деревьев шт./га	Средние		Относительные высоты	
		диаметр, см	высота, м	h/d, см/см <sup>2</sup>	h/g см/см <sup>2</sup>
20	2020	12,6	9,7	76,9	7,8
28	1900	15,6	13,7	87,8	7,2
35	1680	17,9	17,4	97,2	6,9
40	1490	20,1	19,0	94,5	6,0
45	1290	22,1	22,0	99,5	5,7
51	1110	23,7	24,2	102,1	5,5
3.2 начальная густота 7,5 тыс./га					
13	5980	6,9/-26,6	5,6/+3,7	81,2/+41,5	15,0/+92,3
17	5480	8,3/-27,2	8,2/+3,8	98,7/+42,8	15,2/+97,4
20	4820	9,2/-26,9	9,9/+2,0	107,6/+39,9	14,9/+91,0
28	4110	10,9/-30,1	3,3/-2,9	122,0/+39,0	14,3/+98,6
35	3100	13,2/-26,3	15,8/-9,2	119,7/+23,1	11,6/+68,1
40	2580	15,2/-24,4	18,6/-2,1	122,4/+29,5	10,3/+71,6
45	2160	17,2/-22,6	20,5/-6,8	119,9/+20,5	8,9/+56,7
51	1450	20,2/-14,8	23,3/-3,7	115,3/+12,9	7,3/+32,7
в) начальная густота 24,5 тыс. шт/га					
13	18700	4,4/-53,2	5,3/-1,9	120,5/+109,9	34,8/+346,2
17	13490	5,6/-50,9	7,4/-6,3	132,1/+90,9	30,1/+290,9
20	10560	6,4/-49,2	9,0/-7,2	140,6/+82,8	28,0/+259,0
28	7000	8,3/-46,8	11,8/-13,9	142,2/+62,0	21,8/+202,8
35	2820	11,5/-35,8	13,9/-20,1	120,8/+24,2	13,4/+86,1
40	2440	13,6/-32,3	-	-	-
45	1990	15,9/-28,1	-	-	-
51	1500	19,2/-19,0	22,4/-7,4	116,7/+13,4	7,8/+41,8

будут отличаться меньшими значениями среднего диаметра и высоты. Как показывают данные опытных культур разной первоначальной густоты, выравнивание числа деревьев в них происходит примерно после 60-70 лет. Если и в более старшем возрасте сохраняется зависимость высоты и диаметра от густоты, то при определенных условиях более густые насаждения могут догнать по абсолютной величине рассматриваемых показателей древостои с меньшей исходной густотой. Можно сделать предположение, что это произойдет тогда, когда густые смолоду насаждения будут иметь меньшее число деревьев, чем редкие. Однако этот вопрос остается открытым, так как нет экспериментальных данных для его подтверждения.

Общеизвестно, что густота деревьев оказывает большее влияние на диаметр древостоя, чем на его высоту ( Мойров, 1966; Кузьмичев, 1977;

Антанайтис и др., 1986; Гурцев, 1996, Dittmar, Knapp, 1971; и др.). Об этом свидетельствуют и данные таблицы. Это явление объясняется вытягиванием деревьев к свету при густом стоянии за счет резкого снижения прироста по диаметру. Таким образом происходит перераспределение общего прироста в пользу высоты. Тем не менее во многих случаях в густых древостоях высота деревьев сравнительно ниже, чем в редких. Здесь, видимо, сказываются неодинаковые объемы ресурсов водного и минерального питания, приходящиеся на одно дерево в древостоях разной густоты. Указанную особенность ряд исследователей объясняют также меньшим расходом пластических веществ на прирост в высоту и тем, что рост в высоту происходит в более раннее весеннее время, т.е. при более благоприятных условиях водного и минерального питания (Рубцов и др, 1976). В.Н. Норкин и др. ( 1994) причину перераспределения роста от диаметра к высоте объясняют неравномерной освещенностью крон по вертикали.

На наш взгляд, неодинаковую реакцию диаметра и высоты деревьев на густоту можно успешно использовать для обоснования индикатора начальной густоты. Еще в конце прошлого века Я.С. Медведев при работе над проблемой теневыносливых древесных пород установил понятие об относительной высоте  $h/d$  (отношение высоты к диаметру) (Высоцкий, 1962). Было подмечено, что этот показатель зависит от степени конкуренции деревьев в древостоях. В последующем относительная высота использовалась во многих работах отечественных исследователей. Широко применяется он в лесоводственно-таксационных исследованиях и за рубежом (Schöpfer, 1977; Abetz, 1976; Kramer, Vjerg, 1978; Erteld, 1979; Tomasius und Butter, 1984). Большая работа по обоснованию относительной высоты в качестве показателя биологических черт насаждения была проведена К.К. Высоцким (1962). Он в обычной относительной высоте  $h/d$  диаметр заменил площадью сечения. Оказалось, что второй показатель ( $h/g$ ) на много точнее передает сочетание высот и диаметров, чем первый ( $h/d$ ). На основе специально проведенных исследований К.К. Высоцкий делает заключение, что относительная высота " $h/g$  есть не только показатель связи лесообразующих пород и насаждений со средой, но и показатель степени напряжения роста, плотности заселения территории стволами и развития древостоев".

Результаты наших исследований (см. таблицу) свидетельствуют, что по величине относительной высоты  $h/g$  культуры разной первоначальной густоты различаются в значительно большей степени, чем по диаметру. Так, например, при одинаковом возрасте в посадках М.К. Турского густые культуры отличаются от редких по диаметру на 1,9-30,8%, а по относительной высоте на 1,9-60,5%. Чем больше разница в первоначальной

густоте, тем значительнее различия рассматриваемых показателей. В опытах Боярской лесной опытной станции самые редкие культуры (с начальной густотой 2,5 тыс. шт./га) отличаются от наиболее густых (24,5 тыс. шт./га) по диаметру на 19-53,2%, а по показателю  $h/g$  - на 41,8-346,2%. Таким образом, в культурах различной первоначальной густоты амплитуда колебания относительной высоты  $h/g$  значительно больше, чем среднего диаметра. Это означает, что использование первого показателя обеспечит большую объективность при выделении однородных естественных рядов по разряду густоты.

На всех трех объектах на протяжении рассматриваемых возрастных периодов различия культур разной первоначальной густоты по показателю  $h/g$  носят более стабильный и закономерный характер, чем по диаметру. На наш взгляд, это обстоятельство объясняется тем, что при вычислении относительной высоты  $h/g$  используется два показателя, которые по-разному зависят от густоты и оказывают на количественные выражения друг друга взаимное влияние, в значительной степени обусловленное густотой стояния деревьев в насаждении.

Подобные исследования, проведенные по опубликованным материалам о росте лесных культур УНПКЛП (Кудашев, Чернов, 1993), подтвердили сделанные нами в этой работе выводы.

Таким образом, относительная высота  $h/g$  является надежным индикатором числа деревьев периода возникновения насаждения. По этому показателю древостой старшего возраста могут быть отнесены к соответствующему разряду по густоте. Это дает возможность разработки ТХР различной густоты. По мнению некоторых исследователей, такие таблицы отражают в какой-то мере содержание таблиц нормальных, модальных и оптимальных насаждений (Тябера, 1982; Антанайтис и др., 1986). На основе их можно решать вопросы оптимизации густоты, состава и структуры насаждений.

### Литература

Антанайтис В.В., Тябер А.П., Шяптяене Я.А. Законы закономерности роста и строения древостоев. Каунас; 1986. 158 с.

Высоцкий К.К. Закономерности строения смешанных древостоев. М.: Гослесбумиздат, 1962. 178 с.

Гурцев А.И. Моделирование формирования структуры древостоя монокультур сосны: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1996. 27 с.

Кондратьев П.С. Новые данные наблюдений за ростом сосняков разной густоты. Известия ТСХА. Вып 2. 1959.



Кудашев С.И., Чернов Н.Н. Лесные культуры учебно-научно-производственного комплекса лесного предприятия УЛТИ. // Леса Урала и хозяйства в них: Сб. науч. тр. Екатеринбург, 1993. Вып.16. С. 148-156.

Кузьмичев В.В. Закономерности роста древостоев. Новосибирск: Наука, 1977. 160 с.

Лебков В.Ф. Методы составления таблиц хода роста и определения оптимальной густоты насаждений. // Лесное хозяйство. 1965. №2. С.41-45.

Мартьянов А.Н. Густота культур хвойных пород и ее значение. М.: ЦБНТИ, 1974. 58 с.

Мойров С.Л. Влияние первоначальной густоты еловых культур на дальнейший рост насаждений. // Лесное хозяйство. № 5 1966. С. 26-29

Норкин В.Н., Залесов С.В., Юсупов И.А. Метод количественной оценки последствий внутривидовой конкуренции ( на примере семян сосны обыкновенной ) // Леса Урала и хозяйства в них: Сб. науч. тр. . Екатеринбург; 1994. Вып. 17. С.93-101.

Разин Г.С. О методе составления таблиц хода роста и определения оптимальной густоты насаждений. //Лесное хозяйство.1966. № 1. С.41-45.

Разин Г.С. Метод составления таблиц хода роста древостоев (насаждений). //Лесной журнал.1967. N 5. с. 77-74.

Разин Г.С. Изучение и моделирование хода роста древостоев (на примере ельников Пермской области). Л.: ЛенНИИЛХ, 1977. 43 с.

Рубцов В.И., и др. Биологическая продуктивность сосны в местной зоне. М.: Наука, 1976. 224 с.

Савич Ю.Н., Овсянкин В.Н., Полубояринов О.И. О росте, продуктивности и устойчивости сосновых культур, созданных при различной густоте посадки. //Вопросы лесной таксации: Науч. тр. УСХА. Киев, 1978. Вып. 213. С. 27-38.

Тябера А.П. Моделирование производительности и товарности сосновых древостоев разной густоты в условиях Литовской ССР: Автореф. дис... канд. с.-х. наук. Брянск, 1980. 20 с.

Тябера А.П. Моделирование производительности сосновых древостоев разной густоты //Лесное хозяйство. 1982. N 5. с. 24-26.

Abetz P. Beiträge zum Baumwachstum. // Der Forst- und Holzwirt 31, 1976. N 5.

Dittmar O., Knapp F. Suwachs und Ertrag des 30-jährigen Kiefern-Verbandsweitenversuche Chorin. Beitrage zur Forstwirtschaft 1971. N 5.

Erteld W. Grösse und Entwicklung des h/d-Wertes in Kiefernbeständen. // Allg. Forst-und Jagdzeitung. 150. 1979. S. 72-75.

Kramer H., Bjerg N. Biologische Aspekte zur Jungbestandspflege der Fichte. Diskussion des Olper Fichten-Durchforstungsversuchen. // Schr.

Forstl.Fakultat Univ. Gottingen u. Niedersächs. Forstl. Versuchsanst. Bd. 55.  
1978.

Schöpfer W. Vom Formquotienten zum Sagebrett// Allg. Forst-und  
Jagdzeitung 148 . 1977. 5. S. 87-91.

Thomasius H., Butter D. Studie zu einigen Relationen zwischen  
Wuchsfläche, Zuwachs und individueller Stabilität von Waldbäumen, dargestellt  
an der Baumart Fichte. //Beitrage für die Forstwirtschaft. 18. 1984. 1. S. 25-28.