

УДК 551.588.6

Б.А.Токторалиев, А.Т. Аттокуров, У.Н. Момунов, Б.Н. Шамшиев, А. Боронбаев
д.б.н., профессор ОшГУ, к.б.н., доцент ОшГУ, ст.преп.ОшГУ,
д.с.-х.н., профессор ОшГУ, дир. госзаповедник «Кулун-Ата»
B. A.Toktoraliyev, A.T. Attokurov, U.N. Momunov, B.N. Shamshiev, A. Boronbaev
d.b.s., professor OshTU, c.b.s., docent OshTU, senior teacher OshTU,
d.a.s., professor OshTU, Director State reserve «Kulun-Ata»

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗРЕЖИВАНИЯ СВЕТОЛИМИТИРОВАННЫХ ДРЕВОСТОЕВ ЮЖНОГО КЫРГЫЗСТАНА

В статье рассматриваются вопросы прогноза изреживания в сомкнутых одновозрастных древостоях. Для количественного описания процесса изреживания (в основном самоизреживания) разными авторами предложен ряд уравнений.

Нами предложен метод, где отпад деревьев наблюдается в основном из числа светолитмированных растений. Поэтому важно рассмотреть процесс изреживания, опираясь на энергетические закономерности.

Ключевые слова: разреживания, деревья, насаждения, самоизреживание ореховых насаждений.

REGULARITIES OF DILUTION OF LIGHT-DIMMED STANDS OF SOUTHERN KYRGYZSTAN

The article discusses the forecasting of thinning in close-knit single-aged stands. For a quantitative description of the process of thinning (mainly self-thinning), several authors proposed a number of equations.

We have proposed a method where the decay of trees is observed mainly from the number of light-dimmed plants. Therefore, it is important to consider the process of thinning, relying on energy laws.

Key words: thinning, trees, plantations, self-thinning of walnut plantations.

В сомкнутых одновозрастных древостоях постепенно идет процесс самоизреживания. Исходный древостой, имеющий плотность в десятки тысяч растений на гектар, с возрастом изреживается и во взрослом состоянии густота снижается до нескольких сотен на гектар. Процесс самоизреживания может происходить как за счет самоизреживания, так и за счет рубок ухода или иных причин.

Для количественного описания процесса изреживания (в основном самоизреживания) разными авторами предложен ряд уравнений. Например Н.В. Третьяков (1937) рекомендует формулу Каянуса:

$$N = \dots \quad (1)$$

(N – число на 1 га; t – возраст древостоя), описывающую самоизреживание насаждения до момента его распада. Для следующего этапа изреживания, он предлагает пользоваться формулой:

$$N = a \lg t + b \quad (2)$$

Т.В. Воропанов (1966) использует зависимость

$$(3)$$

Изменение количества деревьев на единице площади с возрастом древостоя В.С. Моисеев (1971) выражает гиперболой:

$$N = a + bt + c/t^2 \quad (4)$$

Для полных чистых одновозрастных сосновых древостоев В.И. Дидковский (1968) соотношение между густотой насаждения и средней высотой описывает уравнением

$$N = N_0 e^{-kH} \quad (5)$$

где N_0 - начальная густота насаждения; H - высота.

(Czarnowski, 1961,1964) рассматривая взаимосвязь числа деревьев с возрастом насаждения и условиями местообитания, предложил следующую формулу

$$N = P / N^1 \left\{ C_* \left[\ln \left(1 + \frac{t}{a} \right) - 0,386 \right] \right\}^2 \quad (6)$$

Здесь P - единица площади, N^1 - показатель местообитания, C_* - константа, a - возраст максимального прироста в высоту.

Общепринято представление о том, что прирост по площади сечения или по запасу одновозрастного насаждения остается идентичным для широкого разнообразия способов изреживания. Потеря биомассы отмираемых или отбираемых деревьев компенсируется ростом оставшихся. По закону Эйхгорна, сформулированному для чистых одновозрастных насаждений, общая производительность насаждения есть функция его средней высоты. Это положение является основой деления древостоев на бонитеты и в то же подчеркивает, что доминирующий фактор в росте деревьев – высота, а не их численность на единице площади. Подобное легко объяснить энергетическими соображениями, так как количество физиологически активной радиации (ФАР), падающей на покрытую лесом поверхность ограничено, и сомкнутый древостой поглощает ее достаточно полно (до 90% и более). При этом предполагается, что вода и минеральные элементы не являются лимитирующими факторами. При голодании растений по отдельным элементам минерального питания или недостатке влаги вопрос должен рассматриваться особо. В таких случаях необходимо учитывать зависимость роста и изреживания от нескольких параметров.

В древостое растения, не занимающие первого яруса, находятся в явно светолимитированном состоянии. Деревья первого яруса, не имеющие достаточно разветвленной кроны, также испытывают светоголодание. Отпад деревьев наблюдается в основном из числа светолимитированных растений.

Поэтому важно рассмотреть процесс изреживания, опираясь на энергетические закономерности. Подобная попытка сделана Г.Ф. Хильми (1955). Для изменения во времени числа стволов на единице площади им было получено уравнение

$$N = \bar{N} \left(\frac{N_0}{N} \right)^{e^{-\alpha(t-t_0)}} \quad (7)$$

где \bar{N} – предельная густота древостоя; N_0 - начальная густота в возрасте, принятом за исходный при расчетах; α - константа самоизреживания для данной породы деревьев; t - возраст древостоя.

Связь средней высоты насаждения с густотой аппроксимируется формулой:

$$H = a /$$

(a - безразмерный параметр, убывающий по мере снижения класса бонитета насаждения). Из-за трудности определения предельного числа стволов в разных условиях обитания и ограниченности временного интервала применимости уравнения (7) широкого распространения эта работа в практике анализа изреживания древостоев не получила.

В нашей работе сделана попытка рассмотреть процесс изреживания, исходя из его связи с накоплением запаса энергии в биомассе древостоя, и на этой основе получить зависимость изменения численности деревьев в сомкнутых светолимитированных древостоях от их возраста.

Обозначим через q энергию органического вещества, приходящуюся на одно растение:

$$q = Q/N \quad (8)$$

где Q – общий энергетический запас биомассы на единице площади; N – число деревьев на ней.

Разномерность q выразится $q = \frac{EL^2}{L^2N} = EN^{-1}$. Для одновозрастного однородного по составу сомкнутого насаждения, где растения испытывают светолимитирование, убыль энергии, запасенной в древостое, за счет изреживания или самоизреживания на единицу площади за элементарный промежуток времени dt будет компенсироваться пропорциональным приростом количества энергии, усваиваемой оставшейся частью древостоя. Можно предполагать, что процесс изреживания идет тем интенсивнее, чем выше скорость роста насаждения, т.е. чем большую часть ФАР усваивает древостой.

Если через qtN обозначить энергию органического вещества, поступающего в отпад за время dt , а через λdt – энергию, усваиваемую древостоем за тот же элементарный промежуток времени, то

$$-qtN = \sigma * \lambda dt, \quad (10)$$

где σ – эффективная часть ФАР, используемая для прироста биомассы на единице площади за единицу времени, и ее разномерность равна

$$[\lambda] = E * L^{-2} * T^{-1}$$

В уравнении (10) σ – безразмерная величина, показывающая, какая доля общей энергии, аккумулируемой в росте, расходуется на компенсацию отпада.

Для скорости изреживания будет справедливо равенство

$$\frac{dN}{dt} = -\sigma \frac{\lambda}{q} \quad (11)$$

Т.е. скорость изреживания пропорциональна средней величине эффективной части ФАР и обратно пропорциональна средней величине энергии органического вещества, запасенного в одном растении.

Общую энергию запаса древостоя можно представить в виде

$$Q = \int_0^t \lambda t - \int_0^t q dN \quad (12)$$

где $\int_0^t q dN$ – суммарная энергия, уносимая отпадом. Учитывая уравнение (10), получим

$$Q = \lambda t - \lambda t = \sigma \lambda t (1 - \sigma) \quad (13)$$

а объединяя с (9), имеем

$$qN = (1 - \sigma) \lambda t \quad (14)$$

Из уравнений (10) и (14) нетрудно показать, что

$$(15)$$

Обозначив

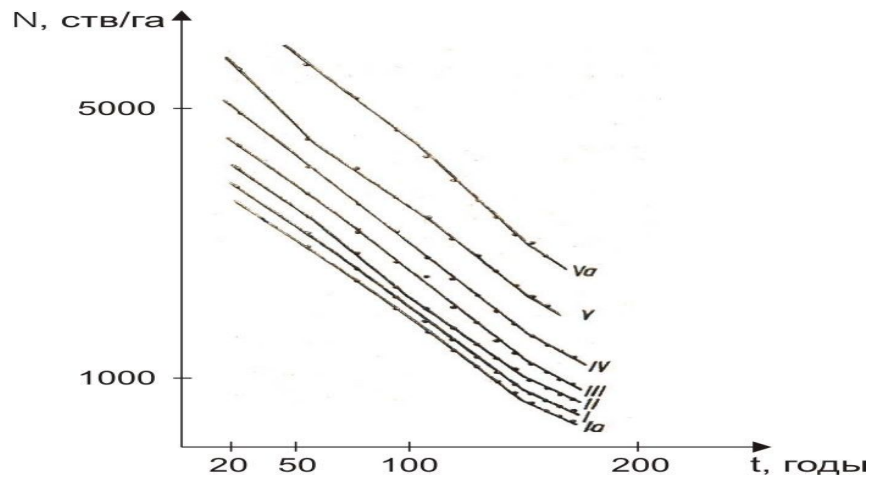


Рис. 1. Логарифмические графики самоизреживания сомкнутых сосновых насаждений разных бонитетов

$$\frac{\sigma}{1-\sigma} = k \quad (16)$$

Перепишем уравнение (15)

$$\frac{dN}{N} = -k \frac{dt}{t} \quad (17)$$

Решая уравнение (17), получим

$$\int_{N_0}^N \frac{dN}{N} = -k \int_0^t \frac{dt}{t} \quad (18)$$

Для проверки справедливости уравнения (20) можно воспользоваться фактическими данными по самоизреживанию сосновых насаждений из «Всеобщих таблиц хода роста нормальных сосновых насаждений», составленных в 1931 г. А. В. Тюриным (табл. 1).

Таблица 1

Самоизреживание сосны по А. В. Тюрину (1931), число стволов/га

Возраст, лет	Бонитет						
	I _a	I	II	III	IV	V	V _a
20	3350	3970	4800	6200	8900	14000	-
30	2050	2400	2800	3650	4860	6650	14900
40	1430	1640	1940	2400	3300	4880	10400
50	1055	1200	1340	1760	2420	3540	7300
60	820	935	1070	1340	1850	2820	5500
70	670	760	860	1080	1470	2270	4230
80	562	625	725	905	1220	1880	3420
90	483	536	625	760	1030	1580	2830
100	423	470	550	660	890	1370	2350
110	384	426	490	585	790	1210	2080
120	350	392	450	535	720	1100	1870
130	331	368	420	495	675	-	-

140	317	353	400	470	635	-	-
-----	-----	-----	-----	-----	-----	---	---

Основной закономерностью является то, что с возрастом древостоя число деревьев на гектаре закономерно убывает для всех классов бонитета. Кроме того, для всех возрастов с увеличением номера бонитета растет густота насаждения. Логарифмические графики зависимости числа деревьев от возраста древостоя, построенные по таблице А. В. Тюрина (рис. 1), показывают, что уравнение (20) справедливо, для достаточно длительных интервалов времени. Логарифмический график самоизреживания сосны для каждого бонитета имеет точки перелома.

Первый перелом в графиках наступает у разных бонитетов в возрасте 30-31 года. Этот перелом показывает, что определенного момента процесс изреживания усиливается а счет отпада светолимитированных, отставших в росте деревьев. Время усиления отпада хорошо согласуется с моментами изменений в темпе роста других параметров древостоя (в высоту, по диаметру, запаса стволовой древесины и др.). Важно, что к этому моменту древостой достигает полной сомкнутости крон. Начинают опадать нижние ветви деревьев. Такие процессы вызывают изменение в доле энергии, усваиваемой на прирост биомассы. Аналитически наступление второго периода характеризуется сменой константы k_1 . Приблизительно в возрасте 56 лет происходит вторая смена константы изреживания, ее значение по сравнению с предшествующим периодом несколько увеличивается. В возрасте 104-108 лет для кривых густоты сосны во всех бонитетах на логарифмических графиках изреживания наблюдается третий перелом, т. е. наступает четвертый период изреживания древостоя. Абсолютная величина константы темпа изреживания резко уменьшается, а отпад деревьев идет медленнее. Убыль стволов вследствие конкуренции за свет теряет свое значение, больше сказывается влияние растений нижних ярусов. Отпад деревьев определяется в основном действием абиотических факторов, позднее - старением.

Таким образом, по кривой изреживания древостоя процесс убыли числа деревьев на гектаре можно разделить на четыре периода, каждый из которых характеризуется определенным значением константы темпа изреживания. Отсюда уравнение (20) можно записать отдельно для каждого периода.

1-й период. Пусть при некотором значении t_0 число деревьев на единице площади равно N_0 . Тогда

$$\int_{N_0}^N \frac{dN}{N} = -k_1 \int_{t_0}^t \frac{dt}{t} \quad (21)$$

$$\lg N = \lg N_0 - k_1 (\lg t - \lg t_0) \quad (22)$$

k_1 — константа темпа изреживания для 1-го периода. В целом уравнение изменения численности стволов для 1-го периода можно записать в виде

$$N = N_0 \left(\frac{t}{t_0} \right)^{-k_1} \quad (23)$$

2-й период начинается с момента , соответствующего первому перелому логарифмического графика изреживания, Число деревьев в момент времени будет N_1 .

Поэтому

$$(24)$$

$$\lg N = \lg N_1 - k_2 \left(\lg t - \lg \tau_1 \right) \quad (25)$$

Здесь k_2 - константа темпа изреживания для 2-го периода. Уравнение изменения числа стволов во 2-м периоде запишется так:

$$N = N_1 \left(\frac{t}{\tau_1} \right)^{-k_2} \quad (26)$$

Нетрудно показать, что для каждого последующего периода для кривой изреживания может быть записано уравнение типа (23) или (26).

Общий вид уравнения. Если номер периода обозначить через n , то в общем виде уравнение изменения числа стволов в любом периоде запишется как

$$N = N_{n-1} \frac{t^{-k_n}}{\tau_{n-1}} \quad (27)$$

где $t > \tau_{n-1}$

Константу темпа изреживания можно найти для каждого из периодов по двум измерениям густоты деревьев N_I и N_{II} в соответствующие моменты времени t_I и t_{II} :

$$k = \frac{\lg N_I - \lg N_{II}}{\lg t_{II} - \lg t_I} \quad (28)$$

Самоизреживание сосновых насаждений. Проверку полученных уравнений желательно проводить для насаждений, не испытывающих сильных хозяйственных вмешательств. Данные, имеющиеся в таблицах А. В. Тюрина, соответствуют этим требованиям. Константы, полученные из графиков рис. 1, сведены в табл. 2. Заметим, что время смены констант, т. е. время перехода от

одного периода к другому, практически одинаково для всех бонитетов: $\tau_1 = 30$, $\tau_2 = 56$, $\tau_3 = 105,5$ лет. Критическая численность деревьев (густота в момент смены периода) закономерно нарастает при переходе от высших классов бонитета к низшим. Константа изреживания в первом периоде k_1 постепенно растет от насаждений Ia бонитета к насаждениям Va бонитета.

Константы темпа изреживания в 3-м и 4-м периодах также увеличиваются от высших бонитетов к низшим. Константа темпа изреживания во 2-м периоде имеет направленную тенденцию к снижению с ростом номера бонитета и вариации ее меньше, чем вариации констант k_1 , k_2 и k_4 . Изменение параметров кривой изреживания N_1 , N_2 и в зависимости от номера бонитета отражено на рис. 2.

Расчет показывает, что эта зависимость выражается соотношением

$$N_1 = 2050 + 340 * B^{1,5}, N_2 = 930 + 110 * B^{1,7}, N_3 = 405 + 25 * F^2 \quad (29)$$

Таблица 2

Постоянные, определяющие ход изреживания насаждений сосны в зависимости от возраста и бонитета

Бонитет				N_1	N_2	N_3	k_1	k_2	k_3	k_4
Ia	30	56	104	2050	930	405	-1,160	-1,460	-1,340	-0,780
I	30	56	105	2400	1050	440	-1,171	-1,440	-1,343	-0,792
II	31	56	105,5	2800	1160	540	-1,205	-1,415	-1,352	-0,828
III	30	56,5	106	3650	1500	603	-1,280	-1,392	-1,372	-0,888
IV	30	56	108	4860	2080	830	-1,415	-1,371	-1,403	-0,972

V	30	56	105	6650	3110	1290	-1,607	-1,345	-1,445	-1,081
V_a	-	55,5	105	-	6300	2200	-	-1,317	-1,500	-1,212

В данных уравнениях классы бонитета преобразованы в натуральный ряд чисел: 1а - 0; I-1; II - 2 и т. д. (в дальнейшем везде используется такое преобразование).

Объединив полученные соотношения (29) и (30) с уравнениями, описывающими ход изреживания основных насаждений разных классов бонитета (23, 26 и 27) получим формулы расчета хода изреживания с учетом возраста и класса бонитета:

$$N_I = (2050 + 340 \cdot B^{1,5}) \left(\frac{t}{30} \right)^{1,16 + 0,008 \cdot B^{2,5}} \quad t \leq 30;$$

$$N_{II} = (2050 + 340 \cdot B^{1,5}) \left(\frac{t}{30} \right)^{1,46 - 0,022 \cdot A} \quad 30 \leq t \leq 56;$$

$$N_{III} = (930 + 110 \cdot B^2) \left(\frac{t}{56} \right)^{1,34 + 0,0026 \cdot B^{2,3}} \quad 56 \leq t \leq 105,5; \quad (31)$$

$$N_{IV} = (405 + 25 \cdot B^{1,7}) \left(\frac{t}{105,5} \right)^{0,78 + 0,12 \cdot B^2} \quad t \geq 106;$$

По этим формулам можно производить расчет изреживания основных насаждений в различных условиях произрастания

Из уравнения (20) имеем

$$\frac{1}{N} \frac{dN}{dt} = -\frac{k}{t} \quad (32)$$

Поскольку k - постоянная в каждом из периодов, то относительная скорость изреживания убывает по ступенчатой гиперперболе. Абсолютное значение скорости убыли числа стволов на гектаре для каждого возраста может быть найдено из уравнения

$$\frac{dN}{dt} = -\frac{kN}{t} \quad (33)$$

Пользуясь данными А. В. Тюрина и уравнением (33), нетрудно найти скорость убыли числа стволов за год (табл. 3). Для каждого бонитета скорость изреживания с возрастом древостоя снижается, скачки в скорости самоизреживания наблюдаются после 30, 56 и 100 лет. Кроме того, в каждом возрасте скорость изреживания соснового насаждения возрастает при переходе от лучших бонитетов к худшим.

Таблица 3

Скорость самоизреживания сосны, число стволов/га

Возраст, лет	Бонитет						
	I _a	I	II	III	IV	V	V _a
20	196,0	243,0	303,0	396,0	594,0	897,0	-
30	80,0	98,2	117,5	156,0	207,0	285,5	614,0
40	48,0	75,4	68,8	83,8	115,6	164,0	425,0
50	28,4	33,0	38,0	48,8	68,8	95,4	238,0

60	18,3	21,5	25,4	31,0	43,2	63,2	149,0
70	12,9	15,0	17,4	21,4	29,5	43,5	98,6
80	9,4	10,8	12,9	15,7	21,4	31,6	69,7
90	7,2	8,2	9,9	11,7	16,0	23,6	51,2
100	5,7	6,5	7,8	9,1	12,5	18,4	38,2
110	2,3	2,8	3,7	4,8	7,1	10,6	-
120	1,9	2,5	3,2	4,0	5,9	9,8	-
130	1,7	2,1	2,7	3,4	5,1	-	-
140	1,5	1,9	2,4	3,0	4,5	-	-

Самоизреживание еловых древостоев. По данным «Всеобщих таблиц хода роста нормальных еловых насаждений» А. В. Тюрина (табл. 4) нами построены логарифмические графики изменения густоты еловых, насаждений во времени (рис. 3).

Характерно наличие только одного перелома (одного момента смены константы изреживания) за период от 20 до 120 лет. Поскольку наблюдения представлены для насаждений старше 20-летнего возраста, возможно, что самый первый период не выявлен измерениями с такой частотой. Смена константы изреживания для еловых насаждений всех бонитетов находится в пределах 70—78 лет (среднее 74 ± 2).

Таблица 4

Самоизреживание ели тяньшанской, число стволов/га

Возраст, лет	Бонитет					
	I _a	I	II	III	IV	V
20	8365	11708	18715	28291	-	-
30	4120	5930	8062	12411	16805	-
40	2853	3336	4637	6222	8940	12966
50	1323	2136	2891	4034	5371	7249
60	1135	1509	1979	2657	3584	4772
70	908	1163	1489	1939	2636	3480
80	767	953	1196	1540	2112	2835
90	672	815	1010	1295	1759	2401
100	605	724	873	1121	1517	2095
110	559	652	779	999	1353	1904
120	523	598	707	906	1235	1769

Таким образом, ход самоизреживания ели тяньшанской можно аналитически описать приведенными выше уравнениями. Расчет констант уравнений для разных бонитетов сведен в табл. 5.

Таблица 5

Константы самоизреживания ели тяньшанской для разных классов бонитета

Боните т		N_1	k_1	k_2
I _a	70	870	-1, 816	-0,549
I	74	1030	-1,907	-1,150
II	74	1320	-1,977	-1,288
III	76	1620	-2,170	-1,242
IV	78	2040	-2,170	-1,235
V	72	3200	-2,356	-1,228

Параметры уравнений, характеризующих ход изреживания еловых насаждений, возрастают от класса бонитета Ia к V бонитету. Исключение составляет константа темпа изреживания для 2-го периода, которая для Ia—II бонитетов растет, а начиная с III бонитета уменьшается.

Самоизреживание ореховых насаждений. В качестве примера самоизреживания лиственных пород рассмотрим ход изменения густоты стволов с возрастом у ореховых насаждений согласно данным из «Справочника таксатора» (Третьяков и др., 1965) (табл. 6).

Таблица 6

Самоизреживание ореха, число стволов/га

Возраст, лет	Бонитет				Возраст, лет	Бонитет			
	I	II	III	IV		I	II	III	IV
20	4 820	6 740	11 000	16 950	80	338	482	645	936
30	2 150	2 810	4 540	8 130	90	328	402	529	754
40	1 250	1 590	2 480	4 060	100	281	343	448	628
50	800	1 030	1 500	2 490	110	243	296	383	538
60	586	765	1 060	1 660	120	211	257	333	468
70	463	596	812	1 190					

Логарифмические графики изреживания ореховых насаждений приведены на рис. 4. Видно, что охваченный изменениями интервал времени делится на два периода, время константы темпа изреживания для разных бонитетов варьирует от 56 до 64 лет (среднее $61 \pm 2,5$). В табл. 7 приведены константы уравнений описывающие ход изреживания ореховых насаждений. Расчеты показывают, что самоизреживание данной лиственной породы также с достаточной точностью может быть описано ступенчатым параболическим уравнением, причем в зависимости от класса бонитета основные константы уравнений закономерно изменяются.

Таблица 7

Константы самоизреживания ореховых насаждений

Боните т	τ_1	N_1	k_1	k_2
I	62	540	-1, 881	-1, 343
II	56	820	-2,006	-1, 483
III	62	960	-2,145	-1, 664
IV	64	1350	-2,246	-1, 732

Сравнительный анализ самоизреживания насаждений разных пород деревьев. Учитывая, что насаждения разных бонитетов сосны, ели и ореха имеют одинаковую закономерность изреживания, выражаемую ступенчатым параболическим уравнением, можно утверждать, что это уравнение применимо для характеристики хода изреживания широкого круга насаждений в различных условиях обитания. Если рубки ухода проводятся в соответствии с существующими правилами и не создают значительных просветов в пологе, изменяющих коэффициент усвоения солнечной радиации растениями, то полученное параболическое уравнение можно применять и для описания нормального изреживания древостоя. Сроки перехода насаждения из одного периода изреживания к другому в древостоях одной породы различных бонитетов существенно не

изменяются. Однако для разных пород деревьев они различны. Это облегчает расчеты по рубкам ухода и дает возможность отнести древостой данного возраста к тому или иному периоду изреживания.

В зависимости от класса бонитета наблюдается закономерное изменение густоты деревьев в момент перехода древостоя от одного периода изреживания в другой (табл. 8). При сравнении констант по периодам видно (табл. 9), что константы темпа изреживания у ореховых насаждений наибольшие. С повышением номера (понижением класса) бонитета константы, как правило, растут, т.е. чем хуже условия роста, тем выше темп изреживания. Наиболее наглядно это можно проследить на примере констант 3-го периода.

Таблица 8

Число стволов на гектаре в момент перехода от одного периода изреживания к другому у разных пород деревьев

Боните т	Конец I-го периода	Конец II-го периода		
	Сосна	Сосна	Ель тьяншанская	орех
Ia	2050	930	870	-
I	2400	1050	1030	540
II	2800	1160	1320	820
III	3650	1500	1620	960
IV	4860	2080	2040	1350
V	6650	3110	3200	-

Таблица 9

Константы изреживания различных пород деревьев по периодам

Боните т	1-й период	2-й период			3-й период		
	Сосна	Сосна	Ель тьяншанская	Орех	Сосна	Ель тьяншанская	Орех
Ia	-1,160	-1,460	-1,816	-	-1,340	0,549	-
I	-1,174	-1,440	-1,907	-1,881	-1,343	-1,150	-1,343
II	-1,205	-1,415	-1,977	-2,006	-1,352	-1,288	-1,483
III	-1,280	-1,392	-1,170	-2,145	-1,372	-1,242	-1,664
IV	-1,415	-1,371	-1,170	-2,246	-1,403	-1,235	-1,732
V	-1,607	-1,345	-1,356	-	-1,495	-1,228	-

Прогноз изреживания насаждений. В практике таксации древостоев определение среднего числа стволов на гектаре сводят к определению суммы площадей сечений стволов и среднего сечения одного дерева: q

$$N = \frac{\sum q_i}{q_{cp}} \quad (34)$$

где $q_{cp} =$

Поскольку средний диаметр можно определить с помощью бурава Преслера практически для любого прошедшего момента времени, то задача прогнозирования сводится к прогнозу роста суммы площадей сечений или запаса и высоты. Возможен и другой путь прогнозирования на основе уравнений:

$$N=N_0 \left(\frac{t}{t_0}\right)^{-k_1} \quad \text{1-период,} \quad N=N_I \left(\frac{t}{\tau_1}\right)^{-k_2} \quad \text{2-й период,}$$

$$N=N_2 \left(\frac{t}{\tau_2}\right)^{-k_3} \quad \text{3-й период,} \quad N=N_3 \left(\frac{t}{\tau_3}\right)^{-k_4} \quad \text{4-й период.}$$

Если имеются два наблюдения за изменением густоты насаждения (например, в данный момент и 10—20 лет до этого), то, учитывая, что моменты смены констант изреживания остаются неизменными для разных бонитетов, имеется возможность найти константы изреживания и рассчитать для соответствующего периода темп изреживания. Так, имея два измерения густоты насаждения для 2-го периода, получим

$$N_I=N_1 \left(\frac{t_I}{\tau_1}\right)^{-k_2}, \quad N_{II}=N_1 \left(\frac{t_{II}}{\tau_1}\right)^{-k_2} \quad \text{или} \quad k_2 = \frac{\lg N_I - \lg N_{II}}{\lg t_{II} - \lg t_I}$$

По известному k_2 можно найти N_I по уравнению

$$N_I=N_1 \left(\frac{t_1}{\tau_1}\right)^{-k_2}$$

Аналогично могут быть найдены k_1 , k_3 и k_4 уравнений изменения густоты стволов для других периодов. Уверенный прогноз возможен в пределах того периода изреживания, в котором находится древостой. При прогнозировании хода изреживания за пределами данного периода необходимо учитывать изменение константы изреживания.

В случаях, когда имеется три и более измерений одного и того же насаждения, прогноз изреживания можно выполнить путем построения логарифмического графика без дополнительных расчетов. При этом следует помнить, что экстраполяция графика за пределы соответствующего периода нежелательна, прогноз по нему может привести к существенным ошибкам.

Прогнозирование хода изреживания насаждений в раннем возрасте осложняется тем, что нельзя провести экстраполяцию логарифмического графика первого периода до нулевой отметки времени - собственно началу роста насаждения. Каждое насаждение в период формирования в первые годы роста неминуемо испытывает межвидовую конкуренцию. Как травянистые растения, так и побега других древесных и кустарниковых пород конкурируют с молодыми деревьями за лучистую энергию и другие источники питания. Такая конкуренция осложняет расчеты самоизреживания в первые годы роста насаждения. Учитывая это обстоятельство, прогноз изреживания строят лишь с возраста, когда растущая древесная культура явно превалирует в фитоценозе.

Учитывая, что численность деревьев на гектаре - один из наиболее вариабельных параметров хода роста насаждения, полученные результаты расчетов можно считать вполне удовлетворительными. Поскольку для сомкнутых древостоев изменение с возрастом других параметров (высоты, диаметра, запаса стволовой древесины и др.) может характеризоваться системой уравнений того же типа, что и для хода изреживания, имеется возможность найти связь констант уравнений для аналитического описания хода роста древостоя системой взаимосвязанных уравнений. Представляет также интерес попытка прогнозировать изреживание по однократному определению численности деревьев на гектар насаждений.

Литература:

1. Захаров В. К., Труль О. А., Мирошников В. С., Ермаков В. Е. Лесотаксационный справочник. М., «Лесная промышленность», 1962, С. 98—100.
2. Кузьмичев В. В. Закономерности роста древостоев. Новосибирск, «Наука», 1977. 160 с.

3. Моисеев В. С Таксация молодняков. Л., «Наука», 1971. 334 с.
 4. Орлов М. М. Лесная вспомогательная книжка для таксации. М., Гостехиздат, 1929. 758 с.
 5. Рубцов В. И., Новосельцева А. И., Попов В. К., Рубцов В. В. Биологическая продуктивность сосны в лесостепной зоне. М., «Наука», 1976. 222 с.
 6. Третьяков Н. В. Методика учета среднего и текущего прироста древостоя.- В кн.: Вопросы лесной таксации. Л., «Лесная промышленность», 1937.С. 3—18.
 7. Третьяков Н. В., Горский П. В., Самойлович Г. Г. Справочник таксатора. М., «Лесная промышленность», 1965. 458 с.
 8. Тюрин А. В. Нормальная производительность насаждений сосны, березы, осины и ели. М. — Л., Сельхозгиз, 1931. 200 с.
 9. Хильми Г. Ф. Биогеофизическая теория и прогноз самоизреживания леса. М., Изд-во АН СССР, 1955. 88 с.
-