

БИОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ

СТРОЕНИЕ ТЕМНОХВОЙНЫХ ДРЕВОСТОЕВ ЕНИСЕЙСКОГО КРЯЖА

© В.В. Кузьмичев, А.С. Смольянов, Н.С. Немич

УДК 630.56

ГОУ ВПО «Сибирский государственный технологический университет», Красноярск, Россия

Работа выполнена при поддержке РФФИ и Красноярского краевого фонда науки (Региональный конкурс Енисей - 2005) (грант 05-05-97706).

Смешанные разновозрастные темнохвойные древостои имеют строение, свойственное большинству горных лесов. На примере таких древостоев Енисейского кряжа по материалам пробных площадей было установлено, что общие ряды распределения числа стволов по толщине имеют максимум в самых тонких ступенях и хорошо аппроксимируются экспоненциальной функцией. Сделан анализ характера связи высот и диаметров модельных деревьев. Рекомендуется в таких лесах выборочное хозяйство, при котором вырубаются не только самые крупномерные деревья, но и пропорционально изреживаются все ступени толщины.

Mixed multiple-aged dark coniferous stands are constituted the way peculiar to the majority of mountain forests. By the example of such stands located at Yeniseysky Mountain-Ridge, it was ascertained by the data of the plots that general series of distribution of number of trunks by their thickness have the maximum at the thinnest levels and are efficiently approximated by the exponential function. The analysis of character of relation between heights and diameters of the test trees has been made. Selective forestry, where not only the most large-sized trees are cut but all thickness levels are proportionally loosed, is recommended for such forests.

На западном ветроударном склоне Енисейского кряжа, начиная с абсолютных высот над уровнем моря 400 - 500 м, преобладают смешанные разновозрастные темнохвойные древостои, строение которых свойственно большинству горных лесов. Многие авторы считают такие сбалансированные древостой с непрерывным переходом возобновления в древесный ярус близкими к климаксовому состоянию. Их можно рассматривать как выработанный в ходе многовековой эволюции компромисс между продуктивностью и устойчивостью лесных сообществ.

Целью нашей работы был анализ рядов распределения числа стволов по толщине и характера связей высот и диаметров модельных деревьев на пробных площадях, заложенных в типичных древостоях этой темнохвойной формации.

Материалы и методика работ

В 2005 году были заложены 8 пробных площадей в темнохвойных древостоях

Енисейского кряжа. Их таксационная характеристика приводится в таблице 1.

На каждой пробной площади взято не менее 20 модельных деревьев (преимущественно пихты, преобладающей в составе древостоев). В пределах каждой пробы возраст моделей колебался от 30 - 40 до 170 - 220 лет, что позволяет говорить о высокой степени разновозрастности древостоев.

Еще в конце 19 века французский лесовод Локурт выявил важную закономерность в распределении общего числа деревьев по ступеням толщины таких древостоев (без деления по составляющим породам, ярусам и поколениям). Чаще всего оно описывается ниспадающей кривой с максимумом числа деревьев в самой тонкой ступени (обратное джиобразное распределение), причем отношение числа стволов в соседних ступенях остается постоянным. Он предложил сохранять подобное соотношение в выборочном лесу, что обеспечивает устойчивость сообщества в целом.

Таблица 1 - Средние таксационные показатели темнохвойных древостоев

| Состав и возраст | Средняя высота, м | Средний диаметр, см | Сумма площадей сечений, м ² | Запас на 1 га, м ³ |
|-----------------------|-------------------|---------------------|--|-------------------------------|
| 5П(90)4Е(150)1Ос+С | 22 | 32 | 32,4 | 340 |
| 5П(110)3Е(160)2Ос+Лц | 26 | 40 | 35,8 | 430 |
| 5П(100)3Е(150)2Ос+С | 23 | 28 | 36,4 | 400 |
| 8П(120)1К(170)1Е+С,Лц | 23 | 32 | 22,2 | 250 |
| 5П(110)3Е(160)2С+Лц | 25 | 36 | 37,8 | 440 |
| 8П(120)1Е(130)1Ос+К | 22 | 24 | 28,1 | 280 |
| 8П(120)1Е(110)1Б+К,С | 24 | 28 | 22,5 | 260 |
| 9П(110)1К(180)+Е,Б | 21 | 26 | 24,3 | 230 |

Для описания таких распределений швейцарским лесоводом К. Мейером в 1934 году была предложена экспоненциальная функция (Loetsch, Zohrer, Haller, 1973):

$$N = K \cdot \exp(-a \cdot D) \quad (1),$$

где: N - число стволов ступени толщины, D - диаметр ступени, см,

K - максимальная численность деревьев, шт./га,

a - показатель крутизны кривой.

С тех пор данная функция использовалась для аппроксимации рядов распределения числа стволов по толщине в древостоях с равновесным состоянием, где постоянно идет отмирание старых деревьев и пополнение древостоя за счет подроста. Детальный анализ этого уравнения с использованием рядов распределения для темнохвойных лесов США проведен В. Zeide (1984). В то же время в последние годы целесообразность его использования оспаривается. Например, в работах В. J. Enquist, К. J. Niklas (2001), К. J. Niklas et al. (2003) высказывается мнение о преобладании в этих лесах световой конкуренции и лучше выравнивании рядов распределения степенной функцией. В работе К. Шимано (2000) такая же точка зрения была высказана на основе анализа материалов по строению широколиственных листопадных лесов. В то же время в работе D. A. Coomes et al. (2003) показано, что в тонкомерной части таких древостоев отпад связан с конкуренцией, и более пригодна экспоненциальная функция, а в толстомерной - с различными нарушениями строения в

процессе ее распада, и больше подходит степенная зависимость.

Были рассмотрены общие ряды распределения числа стволов по толщине (без деления по составляющим породам и ярусам). Еще К. К. Высоцкий (1968) рекомендовал такой подход к изучению смешанных древостоев, рассматривая их как органическое целое. Для их выравнивания использовали вначале функцию Вейбулла (Ганина, 1984):

$$N = A1 \cdot ((A3/A2) \cdot ((D/A2)^{(A3-1)})) \cdot \exp(-1 \cdot (D/A2)^{A3} \quad (2),$$

где: N - число стволов ступени толщины,

D - диаметр ступени,

A1 - нормирующий множитель, A2 и A3 - параметры масштаба и формы.

Среди проб была отмечена такая, у которой имелся также локальный максимум числа стволов внутри ряда распределения. Для выравнивания распределения числа стволов по толщине в древостоях этой группы использовали суммарное распределение (экспоненциальное и Вейбулла). Таким образом, экспоненциальная функция нашла применение для выравнивания распределений числа стволов по толщине на 7 пробах.

Для этих проб проверялась пригодность степенной функции при выравнивании рядов распределения числа стволов по толщине. Раздельное выравнивание тонкомерной и крупномерной частей древостоя требует подеревного перечета, а не по ступеням толщины, поэтому проверка этого варианта не проводилась.

При анализе связи высот и диаметров моделей использовалась формула:

$$N=1,3+\exp(b1-b2/D) \quad (3),$$

где параметр $b1$ характеризует (после потенцирования) предельную высоту N_{max} , которая может служить для определения класса бонитета в разновозрастных лесах, а параметр $b2$ близок к среднеарифметическому диаметру модельных деревьев пихты.

Результаты и обсуждение

Результаты вычисления параметров уравнений (1) и (2) приводятся в таблице 2, пример выравнивания по уравнению (1) показан на рисунке 1. Оценка степени соответствия уравнений фактическим данным проводилась по величине коэффициента детерминации R^2 .

Таблица 2 - Параметры уравнений, описывающих ряды распределения числа стволов по толщине (без деления по составляющим породам, ярусам и поколениям).

| K | a | R2 | A1 | A2 | A3 | R2 |
|-----|--------|-------|------|------|------|-------|
| 189 | 0.0781 | 0.991 | 2614 | 12.1 | 0.91 | 0.992 |
| 75 | 0.0499 | 0.950 | 1380 | 20.2 | 1.15 | 0.954 |
| 129 | 0.0675 | 0.941 | 1946 | 14.7 | 0.98 | 0.941 |
| 198 | 0.0680 | 0.967 | 2630 | 12.4 | 0.90 | 0.973 |
| 131 | 0.0644 | 0.936 | 1601 | 16.6 | 1.44 | 0.961 |
| 179 | 0.0462 | 0.949 | 1473 | 21.6 | 1.28 | 0.963 |
| 127 | 0.0091 | 0.911 | 1425 | 16.3 | 1.09 | 0.969 |
| 50 | 0.0286 | 0.576 | 1620 | 32.8 | 1.65 | 0.578 |

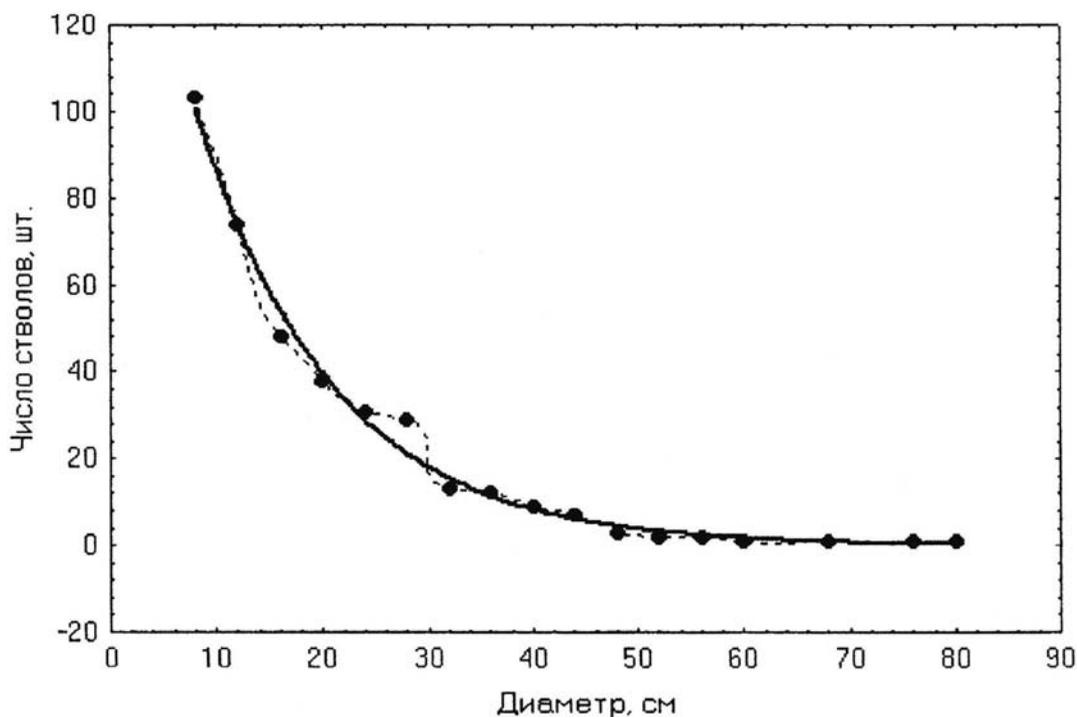


Рисунок 1 - Распределение общего числа стволов по толщине в смешанном разновозрастном древостое

Как отмечалось, наибольшее число стволов наблюдается в тонкомерных ступенях, поэтому параметр формы в уравнении Вейбулла для этих распределений меняется от 0,9 до 1,4 (кроме последней пробы, где он равен 1,65).

Следовательно, их можно аппроксимировать экспоненциальной функцией (выравнивание распределений степенной функцией дает несколько худшие результаты). В схеме классификации типов возрастной структуры

ельников С.А. Дыренков (1984) приводит аналогичное распределение числа стволов по толщине для абсолютно разновозрастных древостоев с преимущественно равномерным (подеревным) смещением поколений. Однако в дальнейшем анализе он пошел по пути дифференцированного рассмотрения возрастных

поколений, отказавшись от обобщенного представления древостоя в целом.

Для последней пробы использовали сумму функций (1) и (2) (рисунок 2):

$$N=368*((6.9/34.7)*(d/34.7)^(6.9-1))*exp(-1*(d/34.7)^6.9)+73.2*exp(-0.0667*d)$$

(4)

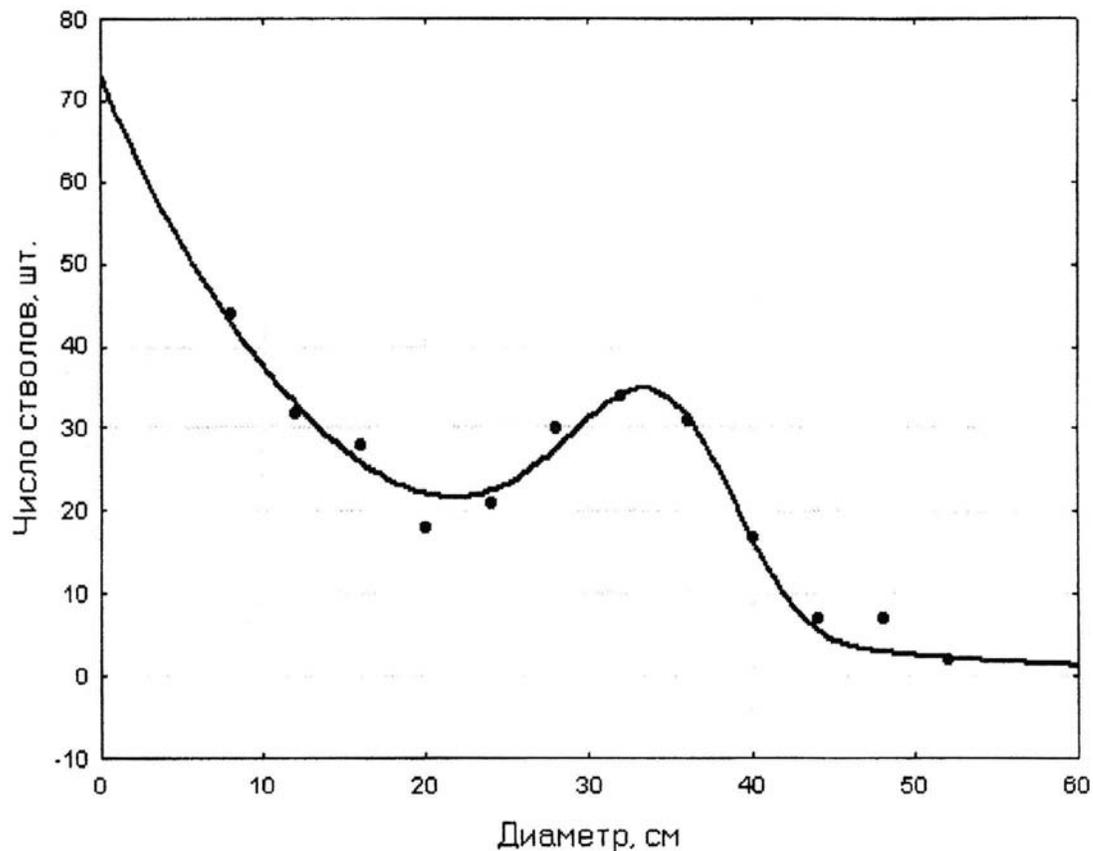


Рисунок 2 - Ряд распределения числа стволов по толщине в разновозрастном древостое с локальным преобладанием одновозрастного поколения

В данном случае в функции Вейбулла параметр A_2 равен 34,7, что соответствует пику локального максимума на кривой распределения числа стволов по толщине, образованного деревьями кедра и ели. Таким образом, можно предположить наличие благоприятных условий для их возобновления в этом древостое около 180 лет назад, после чего преобладать в возобновлении стала пихта.

Результаты определения параметров уравнения связи высот и диаметров (3) для деревьев пихты приводятся в таблице 3.

Значения предельных высот колеблются для изученных древостоев в пределах от 34 до 42 м, что свидетельствует о значительном сходстве зависимостей (рисунок 3). Это же подтверждается общим графиком связи высот и диаметров моделей пихты (рисунок 4).

Таким образом, пользоваться при определении запасов в разновозрастных древостоях таблицами объемов стволов по разрядам высот нецелесообразно, требуется получение для них отдельного уравнения для определения объемов деревьев. Следует отметить, что для моделей ели наблюдаются близкие к пихте соотношения высот и диаметров, отличия заключаются в том, что ель может достигать более высокого возраста и размеров. Деревья кедра при одинаковых диаметрах с пихтой и елью имеют меньшие высоты, в то время как примесь сосны и лиственницы отличается наибольшими диаметрами и превосходит по высоте остальные породы.

Таблица 3 - Параметры уравнения (3) и значения коэффициента детерминации

| Показатели | Номера пробных площадей | | | | | | | |
|----------------|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| B1 | 3.74 | 3.75 | 3.64 | 3.62 | 3.54 | 3.66 | 3.52 | 3.65 |
| B2 | 21.6 | 25.9 | 18.6 | 20.4 | 16.6 | 19.6 | 15.8 | 17.6 |
| R ² | 0.935 | 0.668 | 0.841 | 0.896 | 0.910 | 0.773 | 0.825 | 0.722 |

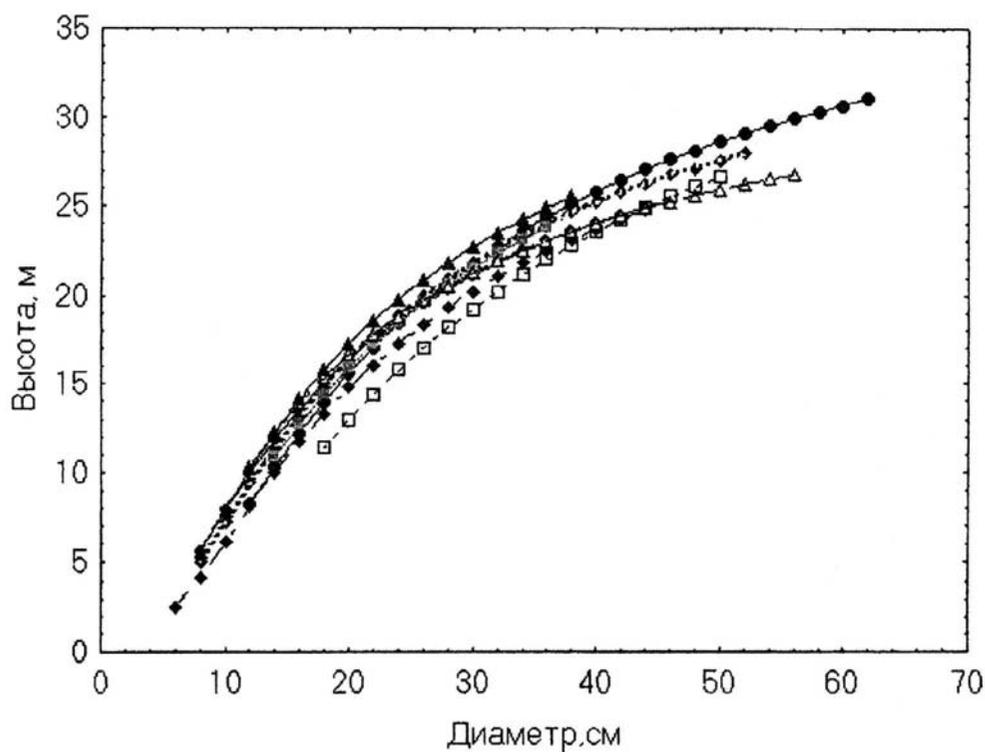


Рисунок 3 - Характер связи высот и диаметров на пробных площадях

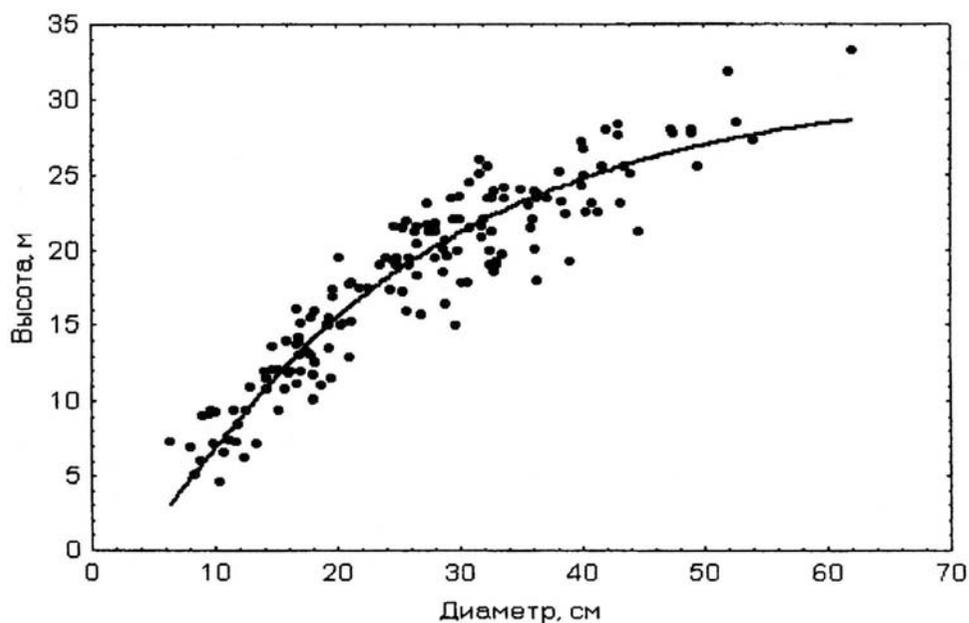


Рисунок 4 - Связь высот и диаметров в разновозрастных древостоях пихты

Рекомендации по ведению выборочной формы хозяйства в смешанных древостоях приводятся в ряде работ зарубежных авторов. В частности, Д. Клерас (1963) рекомендует при переводе таких древостоев в выборочный лес удалять в первую очередь крупномерные деревья с пропорциональным изреживанием во всех ступенях толщины, оставляя при этом лучшие экземпляры хозяйственно ценных пород, но сохраняя среднюю степень затенения почвы. Преимущества выборочного леса он подтверждает тем, что при сплошнолесосечной форме хозяйства размер пользования древесиной с 1 га покрытой лесом площади составляет 1-2 км в год, а при выборочной форме - 6-8 км. На основании проведенного изучения смешанных разновозрастных темнохвойных древостоев могут быть сделаны следующие выводы:

1. Общие ряды распределения числа стволов по толщине имеют максимум в самых тонких ступенях и хорошо аппроксимируются экспоненциальной функцией.

2. Нарушение непрерывного процесса возобновления вносит возмущение в кривую распределения числа стволов по толщине, что позволяет определить давность этого события.

3. Изученные древостой близки по характеру связи высот и диаметров пихты, примерно такие же соотношения этих показателей наблюдаются для ели.

Библиографический список

1. Высоцкий К.К. Закономерности строения смешанных древостоев. М.: Гослесбуиздат, 1962. 177 с.

2. Ганина Н.Е. Распределение деревьев по диаметру с помощью функции Вейбулла. // Лесоведение, № 2, 1984. с. 26-32.

3. Дыренков С.А. Структура и динамика таежных ельников. Л.: Наука, 1984. 174 с.

4. Coomes D.A., Duncan R.P., Allen R.B., Truscott J. Disturbances prevent stem size - density distributions in natural forests from following scaling relationships. // Ecology letters, N 6, 2003. p. 980.

5. Enquist B.J., Niklas K.J. Invariant scaling relations across treedominated communities. // Nature, v. 410, N 5. 2001. p. 655-660.

6. Klepac D. Rast i prirast sumskih vrsta dreveca i sastojina. Nakladni zavod Znanje. Zagreb. 1963. 297 s.

7. Loetsch F., Zohrer F., Haller K.E. Forest inventory. V. 2. BLV Verlagsgesellschaft, Munchen, Bonn, Wien. 1973. 472 p.

8. Niklas K.J., Midgley J.J., Rand R.H. Tree size frequency distributions, plant density, age and community disturbance. // Ecology letters, N 6, 2003. p. 405-411.

9. Shimano K. A power functions for forest structure and regeneration pattern of pioneer and climax species in patch mosaic forests. // Plant Ecology, 2000. 146. p. 207-220.

10. Zeide B. Exponential diameter distribution: interpretation of coefficients. // Forest science. Vol. 30, N 4, 1984. 907-912.

Поступило в редакцию 1 ноября 2006 г.