

УДК 630*182.21

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗРАСТА ТЕХНИЧЕСКОЙ СПЕЛОСТИ ДУБОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ

© 2019 г. А. В. Середюк^а, *, Н. В. Выводцев^а^аТихоокеанский государственный университет, ул. Тихоокеанская, 136, Хабаровск, 68003 Россия

*E-mail: seredyukalex@mail.ru

Поступила в редакцию 24.10.2017 г.

После доработки 09.04.2018 г.

Принята к публикации 05.06.2019 г.

Рассмотрено влияние густоты древостоев на возраст наступления технической спелости. Объектом исследования послужили дубовые древостои естественного происхождения разной продуктивности, произрастающие в европейской части России и на Дальнем Востоке. Установлено, что в пределах классов возраста: высота, диаметр и видовое число, обусловлены густотой древостоев. У всех трех показателей связь оказалась очень тесной и передается параболой 2-го порядка. В свою очередь параметры найденной регрессии зависят от возраста древостоев и описываются аналитически. Подобранные уравнения легли в основу обобщенных математических моделей, на основе которых построена таблица хода роста для трех уровней густоты древостоев. Расчетный запас, дифференцированный по категориям деловой древесины, зависит от густоты древостоев. Максимальная величина суммарного среднего прироста крупной и средней деловой древесины наблюдается в более редких древостоях. Возраст наступления технической спелости в дубовых древостоях варьирует в интервале 100–160 лет. Выявленные закономерности можно использовать при назначении древостоев в рубку и планировании лесохозяйственных мероприятий.

Ключевые слова: дубовые древостои, стандартные нормативы, параметры регрессии, комбинированные уравнения, хода роста, средний прирост, деловая древесина, оптимальный возраст, техническая спелость.

DOI: 10.1134/S0024114819060093

ВВЕДЕНИЕ

На территории Российской Федерации род дуб (*Quercus* L.), семейства буковые (*Fagaceae*), представлен шестью видами. Дуб черешчатый и скальный растут в европейской части страны, дуб монгольский, зубчатый, курчавый и вутайшанский — на Дальнем Востоке (Усенко, 2009). Ареал рода дуб разорван на три обособленные группы (рис. 1). Дубовые насаждения занимают 1.1% от всей покрытой лесом территории страны. По данным государственного лесного реестра (Лесной реестр, 2014) суммарная площадь насаждений дуба черешчатого и скального, отнесенная к высокоствольному и низкоствольному хозяйству, в европейской части России в 2013 г. составляла 3657.0 тыс. га, запас — 537.63 млн м³, в Дальневосточном федеральном округе (четыре вида) — 3203.3 тыс. га, запас — 316.09 млн м³. Один га дубовых древостоев в западной части страны в среднем продуцирует 147 м³, в восточной — 99 м³.

Изучением хода роста естественных дубовых древостоев занимались многие исследователи как в бывшем СССР, а затем в России, так и за рубе-

жом. Были разработаны многочисленные таблицы хода роста модальных и нормальных насаждений. Вопрос построения оптимальных таблиц хода роста для этой породы не рассматривался. Для решения поставленной нами задачи наиболее подходящими из отечественных нормативов, признанных практикой, по европейской части страны явились таблицы хода роста, разработанные И.М. Науменко (Козловский, Павлов, 1967) и А.Д. Дударевым (1992), по российскому Дальнему Востоку — А.П. Добрыниным (2000).

А.Д. Дударев, привлекая таблицы хода роста различных видов дуба из разных регионов бывшего СССР, разработал общие таблицы хода роста нормальных семенных и порослевых насаждений, стандартную таблицу сумм площадей сечений и запасов, таблицу видовых высот (Загреев и др., 1992). В переработанном, унифицированном виде эти нормативы представлены в работе А.З. Швиденко с соавт. (2008). Стандартная таблица сумм площадей сечений А.Д. Дударева отличается на +6.7% от аналогичной таблицы, построенной по данным таблиц хода роста

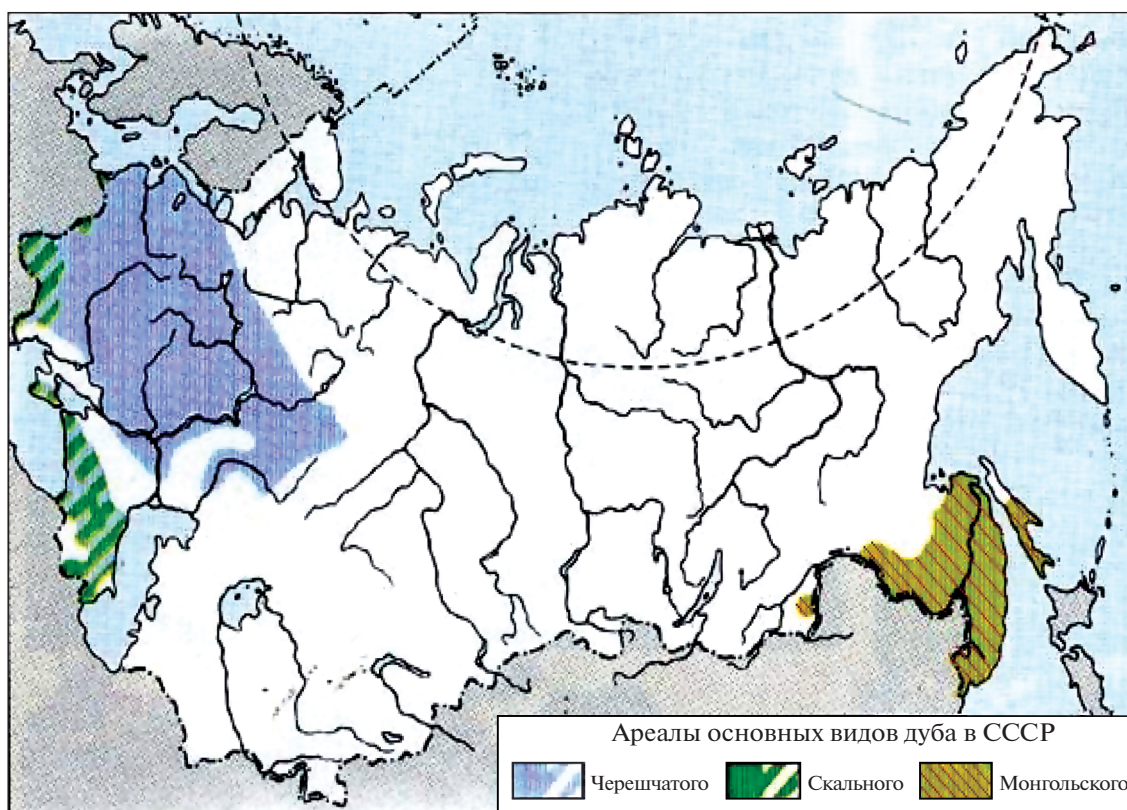


Рис. 1. Ареалы дуба на территории России.

А.П. Добрынина (Выводцев, Середюк, 2017; Середюк, Выводцев, 2017).

Для ведения хозяйства в дубовых древостоях европейской части Российской Федерации разработаны два Руководства: для лесосотепной зоны (Шаталов и др., 1997) и для равнинных лесов (Калиниченко и др., 2000).

В Дальневосточном регионе дубовые древостои образовались в результате выборочных рубок сосны кедровой корейской и пожаров (Добрынин, 2000; Выводцев и др., 2016). Для них пока не исследован оптимальный возраст технической спелости, в котором они имеют свой максимальный суммарный прирост крупной и средней древесины. Официальный возраст рубки дубовых древостоев в регионе принят равным 101–120 лет в эксплуатационных лесах и 121–140 лет в защитных, независимо от происхождения древостоев (Приказ Рослесхоза ..., 2015).

Достижение определенной цели хозяйства обычно оценивают с помощью таблиц хода роста, где в качестве независимых переменных, помимо возраста, должно фигурировать число стволов (Кузьмичев, 1977). Проведенные исследования в лиственных насаждениях показали, что возраст технической спелости (возраст рубки) обусловлен типом роста по запасу, типом роста по

диаметру и классом бонитета и варьирует в интервале 80–170 лет (Выводцев, Выводцева, 2013). В настоящей работе возраст наступления технической спелости дубовых древостоев определялся по величине максимального суммарного среднего прироста крупной и средней деловой древесины (критерий оптимальности) по таблицам хода роста деревьев семенного и порослевого происхождения А.Д. Дударева и А.П. Добрынина, относящимся к разным географическим районам и имеющих разную продуктивность. Поскольку для этой породы типовые шкалы роста таксационных показателей не разработаны, в качестве основных аргументов оптимизации использовали возраст и густоту древостоев.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА

Объектом исследования являлись дубовые насаждения, произрастающие на территории европейской части страны и Дальнем Востоке. Экспериментальным материалом послужили таблицы хода роста дубовых насаждений порослевого и семенного происхождения для европейской части России, разработанные А.Д. Дударевым и опубликованные в общесоюзном справочнике нормативов для таксации лесов (Загребев и др., 1992), а

также таблицы хода роста дуба монгольского, произрастающего на территории Дальнего Востока (Добрынин, 2000). Всего в анализе участвовало 14 таблиц хода роста. Различия между верхней и нижней границами густоты в анализируемых таблицах в интервале 40–160 лет в процентном выражении достигает 600%. Как следствие, разная густота древостоя в одном и том же возрасте оказывает влияние на таксационные показатели деревьев: высоту, диаметр, видовое число. Графически установлено, что это влияние можно передать линейным уравнением регрессии или параболой 2-го порядка. Критерий оптимальности тесно связан с использованием лесов. В эксплуатационных лесах в качестве целевого критерия принимают максимум суммарного среднего прироста крупной и средней древесины. По этому максимуму определяют возраст технической спелости. Для повышения “чувствительности” целевого критерия численность стволов в каждом классе возраста разделена на три группы густоты. Суммарный средний прирост крупной и средней деловой древесины в разработанной таблице хода роста устанавливали по товарной таблице, составленной для дуба монгольского (Справочник для таксации лесов Дальнего Востока, 1990). Расчет запаса древостоев осуществляли по формуле, приведенной в учебнике по лесной таксации (Анучин, 1971). Методически задача решалась в несколько этапов:

определение верхней и нижней границы изменения густоты дубовых древостоев в интервале 40–160 лет по 14 таблицам хода роста для разных классов бонитета, различных географических районов;

регрессионный анализ зависимости высоты, диаметра и показателя полнодревесности (видовое число) от густоты древостоев в установленных границах по каждому классу возраста и регрессионный анализ параметров подобранных уравнений в зависимости от классов возраста;

составление обобщенных математических моделей для высоты, диаметра, видового числа, независимыми переменными которых являются возраст и густота древостоев;

построение таблицы хода роста для трех уровней густоты и анализ динамики запасов, дифференцированных по категориям крупности деловой древесины, определение максимумов суммарного среднего прироста крупной и средней древесины.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

С лесоводственной точки зрения каждое насаждение должно выполнять определенную цель. Для ее достижения основным регулятором внутри ценотических взаимоотношений в древостое

является численность стволов. В эксплуатационных лесах действующий оптимальный возраст рубки равен 101–120 лет. Несоответствие фактических возрастов рубки официально утвержденным будет вести к экономическим потерям, а если рассматривать этот вопрос шире, то и к изменению возрастной структуры лесного фонда. В эксплуатационных лесах в качестве целевого критерия выступает максимум суммарного среднего прироста крупной и средней деловой древесины. Мелкая древесина в расчет не берется, несмотря на то, что современные технологические процессы находят применение и ей. На размерность деревьев, составляющих запас деловой древесины, оказывает влияние густота древостоев. При прочих равных условиях в густых древостоях меньше крупномерных деревьев, а в редких – наоборот. Таблицы хода роста разрабатывают либо по классам бонитета, либо по типам леса, усредняя в границах выбранной классификации абсолютные значения высот, диаметров, видовых чисел, сумм площадей сечений, измеренных на пробных площадях. Число стволов находят расчетным путем через сумму площадей сечений и средний диаметр древостоя. Как правило, такие таблицы хода роста представляют собой матрицу абсолютных значений таксационных признаков, изменяющихся с возрастом. В пределах класса возраста каждый таксационный показатель характеризуется одним значением. Поэтому, по одной таблице хода роста различий в численности стволов в границах класса возраста установить невозможно, для их определения необходимо несколько совмещенных таблиц, в которых таксационные показатели рассчитаны в зависимости от густоты древостоя, и их можно наглядно сравнивать. Такая таблица была построена нами для дубовых древостоев. Построение выполнено в четыре этапа.

На первом этапе из числа привлеченных для анализа таблиц хода роста по оси ординат откладывали число стволов, по оси абсцисс – возраст. В результате определен диапазон варьирования численности стволов дубовых древостоев в интервале 40–160 лет, графически отраженный на рис. 2.

Анализируя рис. 2, можно сказать, что дубовые древостои в начальных возрастах имеют достаточно широкий диапазон изменчивости числа стволов. Например, в 40 лет на одном гектаре разница может достигать 3250 шт. С изменением возраста густота древостоев стабилизируется и в 120 лет различия не превышают 500 шт. на одном га. Связано это с одной стороны с происхождением древостоев, с другой – с условиями произрастания. Для определения начального и конечного числа стволов при расчетах верхнюю и нижнюю границы варьирования численности стволов

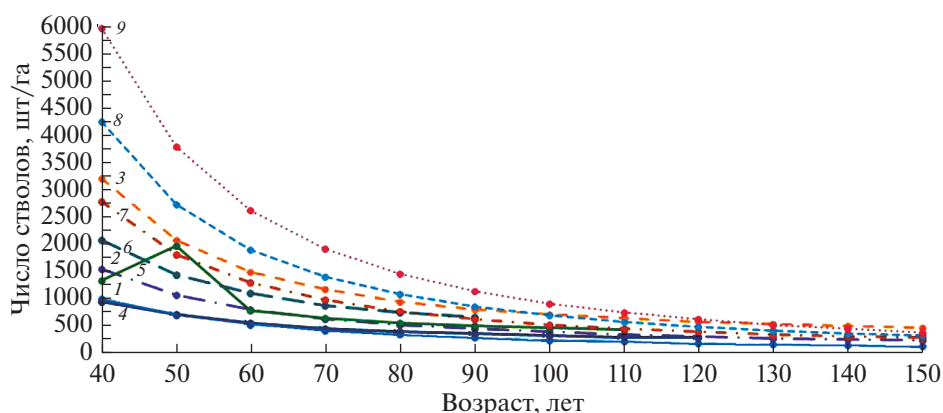


Рис. 2. Зависимость густоты древостоев от возраста по таблицам хода роста А.Д. Дударева и А.П. Добрынина.

Семенные насаждения по данным А.Д. Дударева: 1 – Бонитет Iб, 2 – II, 3 – IV. Порошлевые насаждения (по А.Д. Дудареву) 4 – Бонитет I, 5 – Бонитет III, 6 – Бонитет V. Семенные насаждения (по А.П. Добрынину) 7 – Бонитет III, 8 – Бонитет IV, 9 – Бонитет V.

ограничили кривыми, которые описаны параболой 4-го порядка с высоким коэффициентом детерминации ($R^2 = 0.99$):

$$N_{\text{верх}} = 2.649 \times 10^4 + (-8.765 \times 10^2)A + 1.156 \times 10A^2 + (-6.873 \times 10^{-2}A^3) + 1.527 \times 10^{-4}A^4, \quad (1)$$

$$N_{\text{ниж}} = 3.752 \times 10^3 + (-1.153 \times 10^2)A + 1.489A^2 + (-8.797 \times 10^{-3})A^3 + 1.952 \times 10^{-5}A^4, \quad (2)$$

где A – возраст древостоя, лет;

$N_{\text{верх}}$ – верхняя граница изреживания, шт. га⁻¹;

$N_{\text{ниж}}$ – нижняя граница изреживания, шт. га⁻¹

Нижняя граница численности стволов характерна для порошлевых дубовых древостоев. Семенные насаждения занимают верхние границы густоты. На этом этапе основная цель анализа заключалась в определении границ варьирования численности стволов и их аналитическом описании.

На втором этапе в границах установленной густоты древостоев по каждому классу возраста изучена зависимость средних значений высоты, диаметра, видового числа древостоя от густоты древостоев. С высоким коэффициентом корреляции у всех трех показателей зависимость передается параболой 2-го порядка:

$$H_{40} = a + bN_{40} + cN_{40}^2; \quad H_{50} = a + bN_{50} + cN_{50}^2; \quad (3)$$

$$H_{60} = a + bN_{60} + cN_{60}^2; \quad H_{160} = a + bN_{160} + cN_{160}^2,$$

$$D_{40} = a + bN_{40} + cN_{40}^2; \quad D_{50} = a + bN_{50} + cN_{50}^2; \quad (4)$$

$$D_{60} = a + bN_{60} + cN_{60}^2; \quad D_{160} = a + bN_{160} + cN_{160}^2,$$

$$F_{40} = a + bN_{40} + cN_{40}^2; \quad F_{50} = a + bN_{50} + cN_{50}^2; \quad (5)$$

$$F_{60} = a + bN_{60} + cN_{60}^2; \quad F_{160} = a + bN_{160} + cN_{160}^2,$$

где H , D , F – соответственно средние значения высоты, диаметра, видового числа в возрасте 40–160 лет;

N – число стволов в возрасте 40–160 лет, шт. га⁻¹;

a , b , c – коэффициенты уравнений 3–5 (табл. 1–3).

На третьем этапе выполнен графико-аналитический анализ параметров уравнений табл. 1, табл. 2, табл. 3, описывающих связь высоты, диаметра и видового числа древостоя в пределах

Таблица 1. Изменение коэффициентов квадратичного уравнения (a , b , c), описывающего зависимость высоты древостоя от численности стволов в границах определенного возраста

Возраст, лет	a	b	c
40	25.739	-8.387×10^{-3}	8.75575×10^{-7}
50	30.037	-1.334×10^{-2}	2.00923×10^{-6}
60	37.635	-2.723×10^{-2}	6.42788×10^{-6}
70	43.087	-4.179×10^{-2}	1.33229×10^{-5}
80	48.310	-6.008×10^{-2}	2.47065×10^{-5}
90	53.353	-8.175×10^{-2}	4.16523×10^{-5}
100	55.148	-9.518×10^{-2}	5.63268×10^{-5}
110	56.074	-1.055×10^{-1}	6.95667×10^{-5}
120	57.128	-1.172×10^{-1}	8.47385×10^{-5}
130	61.766	-1.565×10^{-1}	1.40067×10^{-4}
140	64.463	-1.861×10^{-1}	1.88775×10^{-4}
150	66.237	-2.119×10^{-1}	2.36967×10^{-4}
160	63.772	-2.069×10^{-1}	2.43234×10^{-4}

определенного класса возраста от возраста деревьев. Результаты регрессионного анализа свидетельствуют, что изменение параметров (a, b, c) с возрастом подчиняется определенной закономерности, которую с высокой степенью приближения ($R^2 = 0.98$) можно выразить параболой 2-го порядка (рис. 3, рис. 4, рис. 5) и представить в виде следующих уравнений:

$$Y(a) = -2.701 \times 10^{-3} A^2 + 8.66 \times 10^{-1} A - 4.828, \quad (6)$$

$$Y(b) = 5.4545 \times 10^{-6} A^2 - 7.2667 \times 10^{-4} A + 3.93 \times 10^{-2}, \quad (7)$$

$$Y(c) = 2.1446 \times 10^{-8} A^2 - 2.1539 \times 10^{-6} A + 5.618 \times 10^{-5}, \quad (8)$$

Заменив в формуле (3) значения параметров a, b, c на конкретные уравнения регрессии, было составлено обобщенное уравнение, позволяющее рассчитывать высоту в интервале 40–160 лет для трех групп густоты:

$$H_i = (-4.828 + 8.66 \times 10^{-1} A - 2.701 \times 10^{-3} A^2) + (3.285 \times 10^{-2} - 7.061 \times 10^{-4} A - 5.539 \times 10^{-6} A^2) N_i + (5.618 \times 10^{-5} - 2.154 \times 10^{-6} A + 2.145 \times 10^{-8} A^2) N_i^2. \quad (9)$$

Возрастной диапазон действия уравнения (9) – 40–160 лет.

Тесная связь параметров уравнения (4), (5), описывающих зависимость диаметров, видовых чисел от густоты насаждений в границах определенного класса возраста (табл. 2, 3), с возрастом также описывается полиномиальными уравнениями. По диаметру лучшее приближение теоретических данных к практическим значениям параметров показала парабола 3-го порядка, по видовому числу – 2-го порядка. Подстановкой найденных регрессий в уравнения (4), (5) получены обобщенные математические модели по диаметру и видовому числу:

$$D_i = (-6.396 \times 10 + 3.143A - 3.015 \times 10^{-2} A^2 + 1.189 \times 10^{-4} A^3) + (5.660 \times 10^{-1} - 2.395 \times 10^{-2} A + 3.055 \times 10^{-4} A^2 - 1.474 \times 10^{-6} A^3) N_i + (-2.223 \times 10^{-3} + 9.898 \times 10^{-5} A - 1.389 \times 10^{-6} A^2 + (-2.223 \times 10^{-3} + 9.898 \times 10^{-5} A - 1.389 \times 10^{-6} A^2 + 6.483 \times 10^{-9} A^3) \times N_i^2 + (2.879 \times 10^{-6} - 1.288 \times 10^{-7} A + 1.804 \times 10^{-9} A^2 - 8.090 \times 10^{-12} A^3) \times N_i^3, \quad (10)$$

Таблица 2. Изменение коэффициентов квадратичного уравнения (a, b, c), описывающего зависимость средних диаметров от численности стволов в границах определенного возраста

Возраст, лет	a	b	c
40	26.043	-8.319×10^{-3}	8.63136×10^{-7}
50	30.951	-1.260×10^{-2}	1.80527×10^{-6}
60	40.970	-2.773×10^{-2}	6.28409×10^{-6}
70	48.551	-4.356×10^{-2}	1.31692×10^{-5}
80	56.124	-6.382×10^{-2}	2.47851×10^{-5}
90	63.816	-8.914×10^{-2}	4.28336×10^{-5}
100	70.855	-1.170×10^{-1}	6.70945×10^{-5}
110	77.704	-1.484×10^{-1}	9.90570×10^{-5}
120	84.329	-1.828×10^{-1}	1.38661×10^{-4}
130	89.759	-2.141×10^{-1}	1.77851×10^{-4}
140	76.799	-1.488×10^{-1}	9.75424×10^{-5}
150	100.474	-2.872×10^{-1}	2.83301×10^{-4}
160	110.767	-3.945×10^{-1}	4.70211×10^{-4}

Таблица 3. Изменение коэффициентов квадратичного уравнения (a, b, c), описывающего зависимость видового числа от численности стволов в границах определенного возраста

Возраст, лет	a	b	c
40	4.509×10^{-1}	4.903×10^{-5}	-2.05662×10^{-9}
50	4.683×10^{-1}	3.260×10^{-5}	3.57641×10^{-9}
60	4.312×10^{-1}	9.185×10^{-5}	-8.34328×10^{-9}
70	4.236×10^{-1}	1.187×10^{-4}	-1.75755×10^{-8}
80	4.212×10^{-1}	1.419×10^{-4}	-3.29146×10^{-8}
90	4.151×10^{-1}	1.790×10^{-4}	-6.81317×10^{-8}
100	4.142×10^{-1}	2.077×10^{-4}	-1.17279×10^{-7}
110	4.131×10^{-1}	2.441×10^{-4}	-1.96276×10^{-7}
120	4.251×10^{-1}	2.109×10^{-4}	-2.17980×10^{-7}
130	4.715×10^{-1}	-5.896×10^{-5}	8.26835×10^{-7}
140	4.715×10^{-1}	-5.896×10^{-5}	8.26835×10^{-8}
150	6.136×10^{-1}	$-1.219E-03$	1.94199×10^{-6}
160	3.622×10^{-1}	$7.055E-04$	-7.95965×10^{-7}

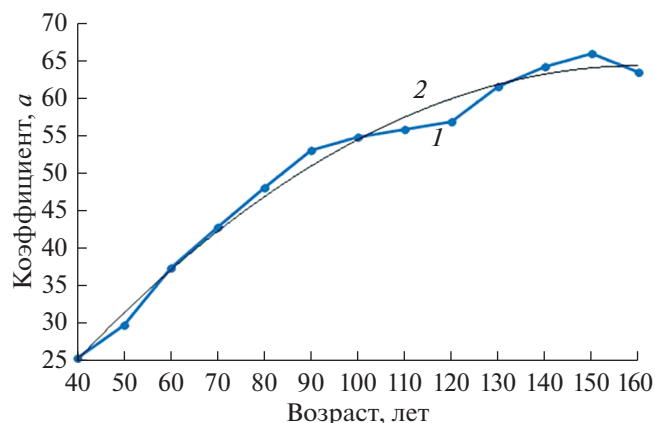


Рис. 3. Зависимость коэффициента a уравнения (6) от возраста древостоя.

1 – экспериментальные данные коэффициента a ,
2 – полиномиальная функция.

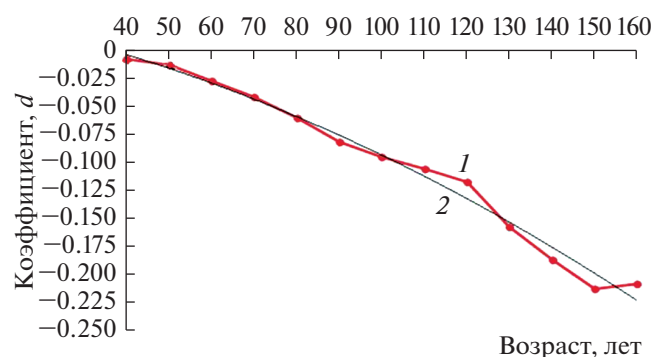


Рис. 4. Зависимость коэффициента b уравнения (6) от возраста древостоя.

1 – экспериментальные данные коэффициента b , 2 – полиномиальная функция.

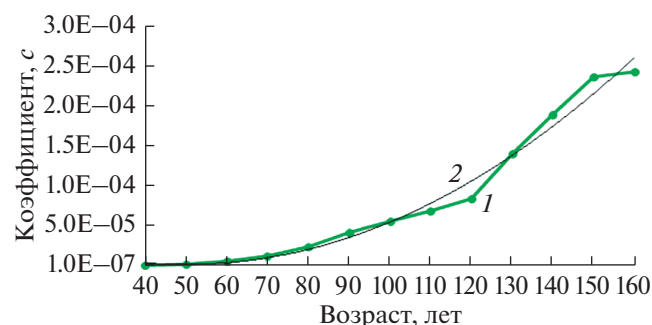


Рис. 5. Зависимость коэффициента c уравнения (6) от возраста древостоя.

1 – экспериментальные данные коэффициент a , 2 – полиномиальная функция.

$$F_i = (5.020 \times 10^{-1} - 1.794 \times 10^{-2} A + 1.127 \times 10^{-5} A^2) + (-1.072 \times 10^{-4} + 6.703 \times 10^{-6} A - 4.4917 \times 10^{-8} A^2) N_i + (2.024 \times 10^{-7} - 8.265 \times 10^{-9} A + 6.526 \times 10^{-11} A^2) N_i^2. \quad (11)$$

Возрастной диапазон действия уравнений (10), (11) – 80–160 лет.

Таким образом, три запасообразующих таксационных показателя можно находить в интервале 80–160 лет для любой заданной группы плотности древостоя. Следует отметить, что выбранный возрастной интервал отчасти обусловлен низкой точностью расчетных данных по диаметру в интервале 40–70 лет. Поэтому, было принято решение вычисления суммарного среднего прироста крупной и средней древесины в разработанной таблице начинать с 80 лет.

На четвертом этапе, варьируя плотностью древостоев, с помощью комбинированных уравнений регрессии (9)–(11) для каждого класса возраста рассчитали средние значения высоты, диаметра и видового числа древостоя. Суммы площадей сечений, запас, средний прирост древесины находили по общеизвестным в лесной таксации формулам (Анучин, 1971). Суммарный средний прирост крупной и средней деловой древесины определен по товарным таблицам (Справочник для таксации лесов Дальнего Востока, 1990). В итоге была составлена таблица хода роста дубовых насаждений, в которой динамика изменения с возрастом деловой древесины по категориям крупности рассчитана в зависимости от плотности древостоев. Конструктивно она отличается от своих аналогов. Но такая конструкция позволяет наглядно сравнивать анализируемый показатель. На ее основе был определен возраст технической спелости в зависимости от группы плотности для дубовых древостоев, произрастающих в Дальневосточном регионе (табл. 4). Но поскольку в построении таблицы хода роста участвовали данные общих таблиц хода роста А.Д. Дударева, последние можно использовать для оценки продуктивности дубовых древостоев как эталон.

Как и ожидалось, возраст наступления технической спелости обусловлен плотностью древостоев. В редких древостоях (третья группа) она наступает в 160 лет. Максимальный суммарный средний прирост крупной и средней древесины в этом возрасте ($3.0 \text{ м}^3 \text{ га}^{-1}$) получен 134 деловыми стволами дуба. В более густых древостоях (первая группа) возраст технической спелости наступает в 100 лет. В этом возрасте суммарный средний прирост крупной и средней древесины в 3.9 раза ниже ($0.8 \text{ м}^3 \text{ га}^{-1}$), но число стволов на одном гектаре в 7 раз больше (931 шт.). В средней группе гу-

Таблица 4. Ход роста дубовых древостоев разной густоты

Возраст, лет	Число стволов, рассчитанных по уравнениям (1) и (2), шт. га ⁻¹	Высота, м	Диаметр, см	Видовое число, 10 ⁻³	Сумма площадей сечений, м ² га ⁻¹	Запас, м ³ га ⁻¹	Запас древесины по категориям крупности, м ³				Средний прирост, м ³		
							крупная	средняя	крупная + средняя	мелькая	крупная + средняя	крупная	средняя
80	1472	6.0	15.03	0.510	26.12	79.289	0.0	11.9	11.9	11.1	0.3	0.1	0.1
	916	10.8	17.73	0.501	22.61	121.856	0.0	18.3	18.3	17.1	0.2	0.0	0.2
90	359	28.7	36.08	0.466	36.69	490.599	107.9	34.3	142.3	4.9	1.8	1.3	0.4
	1157	12.1	20.58	0.528	38.45	244.590	7.3	44.0	51.4	19.6	0.6	0.1	0.5
100	731	15.3	22.50	0.496	29.04	219.911	17.6	39.6	57.2	8.8	0.6	0.2	0.4
	304	31.6	40.66	0.460	39.46	573.953	143.5	28.7	172.2	0.0	1.9	1.6	0.3
110	931	15.9	23.09	0.526	38.96	326.695	26.1	58.8	84.9	13.1	0.8	0.3	0.6
	596	18.9	26.29	0.488	32.34	297.804	41.7	41.7	83.4	6.0	0.8	0.4	0.4
120	261	34.2	45.10	0.456	41.68	650.132	175.5	26.0	201.5	0.0	2.0	1.8	0.3
	764	18.3	24.08	0.516	34.78	328.026	26.2	59.0	85.3	13.1	0.8	0.2	0.5
130	496	21.6	29.49	0.479	33.86	350.973	49.1	49.1	98.3	7.0	0.9	0.4	0.4
	227	36.4	49.37	0.453	43.43	716.945	237.4	0.0	237.4	0.0	2.2	2.2	0.0
140	638	19.6	24.46	0.503	29.97	295.237	23.6	53.1	76.8	11.8	0.6	0.2	0.4
	419	23.7	32.41	0.471	34.54	386.130	69.5	42.5	112.0	3.9	0.9	0.6	0.4
150	200	38.1	53.41	0.453	44.79	773.362	287.8	0.0	287.8	0.0	2.4	2.4	0.0
	539	20.1	24.74	0.490	25.91	255.916	20.5	46.1	66.5	10.2	0.5	0.2	0.4
160	359	25.2	35.16	0.465	34.85	408.389	89.8	28.6	118.4	4.1	0.9	0.7	0.2
	178	39.3	57.26	0.455	45.82	819.591	338.7	0.0	338.7	0.0	2.6	2.6	0.0
170	460	20.2	25.23	0.479	22.98	222.469	17.8	40.0	57.8	8.9	0.4	0.1	0.3
	310	26.2	37.99	0.462	35.13	424.554	93.4	29.7	123.1	4.2	0.9	0.7	0.2
180	160	40.0	60.89	0.459	46.57	855.129	388.5	0.0	388.5	0.0	2.8	2.8	0.0
	402	19.7	25.54	0.473	20.61	191.431	15.3	34.5	49.8	7.7	0.3	0.1	0.2
190	272	26.4	40.51	0.462	35.10	428.601	107.2	21.4	128.6	0.0	0.9	0.7	0.1
	145	40.1	64.25	0.465	47.07	878.969	435.4	0.0	435.4	0.0	2.9	2.9	0.0
200	374	18.0	24.00	0.471	16.90	143.492	11.5	25.8	37.3	5.7	0.2	0.1	0.1
	249	25.5	41.61	0.465	33.83	400.601	100.2	20.0	120.2	0.0	0.8	0.6	0.1
210	134	39.6	67.14	0.474	47.34	887.678	476.2	0.0	476.2	0.0	3.0	3.0	0.0

стоты максимум среднего прироста крупной и средней древесины ($0.9 \text{ м}^3 \text{ га}^{-1}$) наступает в 120 лет и остается таким же до 150 лет. Численность стволов в этом интервале варьирует в пределах 272–496 шт.

Запас древостоев является функцией четырех переменных: высоты, диаметра, видового числа и числа стволов. С возрастом число стволов на 1 га снижается. Как следствие, меняются высота, диаметр и видовое число, а в конечном итоге суммарный средний прирост крупной и средней деловой древесины. Варьируя численностью стволов, можно решать определенные задачи по лесовыращиванию товарной древесины ценных лиственных пород.

Заключение. Исследования хода роста дубовых насаждений разной продуктивности, разных географических районов показали, что в одном и том же возрасте порослевые насаждения имеют меньшее число стволов на одном гектаре, по сравнению с семенными. Для анализируемых видов дуба черешчатого, дуба скального и дуба монгольского, максимальный суммарный средний прирост крупной и средней древесины укладывается в интервал 100–160 лет. Этот возраст можно принять как оптимальный для всех групп густоты. Меняя численность стволов в древостое, можно создать условия, позволяющие отодвинуть возраст технической спелости, но получить при этом дополнительный прирост деловой древесины.

Таким образом, разработанная с помощью комбинированных уравнений регрессии таблица хода роста позволила определить зависимость размерности суммарного среднего прироста крупной и средней деловой древесины от густоты древостоев и увязать его с оптимальным возрастом технической спелости. Возрастной диапазон варьирования находится в пределах от 100 до 160 лет. Нижняя граница соответствует официально установленному возрасту рубки в эксплуатационных лесах. Возраст наступления технической спелости в защитных лесах целесообразно поднять до 160 лет. В каждом возрастном интервале в зависимости от численности стволов имеются свои локальные оптимумы. Их можно использовать как своеобразные ориентиры при подведении древостоя к главной цели – возрасту технической спелости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Анучин Н.П. Лесная таксация: Учеб. пособие. М.: Лесн. пром-сть, 1971. 512 с.

Выводцев Н.В., Выводцева А.Н. Лиственничники Дальнего Востока. Хабаровск: Изд-во Тихоокеанского гос. университета, 2013. 201 с.

Выводцев Н.В., Выводцева А.Н., Кобояси Р. Сосна кедровая корейская в Хабаровском крае и перспективы ее восстановления. Хабаровск: Изд-во Тихоокеанского гос. университета, 2016. 206 с.

Выводцев Н.В., Середюк А.В. Составление стандартных нормативов для таксации дубовых насаждений [Электронные заметки] // Учен. заметки Тихоокеанского гос. университета. 2017. Т. 8. № 1. С. 29–35. URL: <http://pnu.edu.ru/ejournal/pub/articles/1487/> (дата обращения: 12.08.2017).

Добрынин А.П. Дубовые леса российского Дальнего Востока (биология, география, происхождения). Владивосток: Дальнаука, 2000. 260 с.

Загреев В.В., Сухих В.И., Швиденко А.З., Гусев Н.Н., Мошкалева А.Г. Общесоюзные нормативы для таксации лесов. М.: Колос, 1992. 495 с.

Калиниченко Н.П. Руководство по ведению хозяйства и восстановлению дубрав в равнинных лесах европейской части Российской Федерации. М.: ВНИИ лесоводства и механизации лесного хозяйства, 2000. 136 с.

Козловский В.Б., Павлов В.М. Ход роста основных лесобразующих пород СССР. М.: Лесн. пром-сть, 1967. 328 с.

Кузьмичев В.В. Моделирование роста древостоев и оптимизация лесовыращивания // Оптимизация использования и воспроизводства лесов СССР. М.: Наука, 1977. С. 93–108.

Лесной реестр 2013. Статистический сборник / Отв. ред. Р.Ю. Голунов. М.: 2014. 690 с.

Середюк А.В., Выводцев Н.В. Составление стандартных нормативов для таксации дубовых насаждений // Системы. Методы. Технологии. 2017. № 2 (34). С. 157–164.

Справочник для таксации лесов Дальнего Востока / Сост. В.Н. Корякин. Хабаровск. ДальНИИ лесн. хоз-ва, 1990. 512 с.

Приказ Рослесхоза от 09.04.2015 N 105 (ред. от 02.07.2015) “Об установлении возрастов рубок” / (дата обращения: 12.08.2017).

Усенко Н.В. Деревья, кустарники и лианы Дальнего Востока: справочная книга / Авт. вступ. ст. С.Д. Шлотгауэр. – 3-е изд., перераб. и доп. – Хабаровск: Изд-во “Приамурские ведомости”, 2009. 272 с.

Шаталов В.Г. Руководство по улучшению состояния и повышению продуктивности дубрав в лесосотепной зоне европейской части Российской Федерации. Воронеж: Изд-во: Воронежский гос. университет, 1997. 68 с.

Швиденко А.З., Щепаченко Д.Г., Нильсон С., Булуй Ю.И. Таблицы и модели хода роста и продуктивности насаждений основных лесобразующих пород северной Евразии (нормативно-справочные материалы). Изд. 2-е, доп. М. Изд-во: Московская типография №6, 2008. 886 с.

Estimating the Age of Technical Exploitability of Oak Stands

A. V. Seredyuk^{1,*} and N. V. Vyvodtsev¹

¹Pacific National University, Tikhookeanskaya st. 136, Khabarovsk, 680035 Russia

*E-mail: seredyukalex@mail.ru

Received 24 October 2017

Revised 9 April 2018

Accepted 5 June 2019

We studied the effect of stand density on the age of technical exploitability in natural oak stands growing in the European part of Russia and the Far East. We found that height, diameter and tree form factor are controlled by the stand density. The relationships were tight and described by quadric parabola for every of the three indicators. The coefficients of the regressions were linked to stand age and described analytically. The fitted equations became the basis of general mathematical models used to compile the table of growth for three different stand densities. The estimated yield differentiated by categories of commercial timber was controlled by the stand density. Maximal mean total increment of large and medium commercial wood was found in the stands with lower density. The age of technical exploitability of oak stands varied from 100 to 160 years. Our equations could be used to assign tree stands to a cut and design of the forest management measures.

Keywords: oak forests, standard norms, regression coefficients, combined equations, growth tables, mean increment, commercial wood, optimum age, technical exploitability.

REFERENCES

- Dobrynin A.P., *Dubovye lesa rossiiskogo Dal'nego Vostoka. Biologiya, geografiya, proiskhozhdenie* (Oak forests of the Far East of Russia. Biology, geography, origin), Vladivostok: Dal'nauka, 2000, 260 p.
- Golunov R.Y., Stain A.V., Gagarina O.V., Shevaleva V.A., Fomchenkov D.V., Shalygin S.V., Danilova S.V., Danilov N.K., Teleshev L.S., Kurkina G.V., Shchankina E.V., Pereverzeva A.S., *Lesnoi reestr 2013. Statisticheskii sbornik* (Forest inventory 2013. Statistical book), Moscow: Izd-vo Rosleskhoz, 2014, 690 p. http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_57134/, 2015, 2 July.
- Kalinichenko N.P., *Rukovodstvo po vedeniyu khozyaistva i vosstanovleniyu dubrav v ravninnykh lesakh evropeiskoi chasti Rossiiskoi Federatsii* (Handbook on management and reforestation of oak forests in forests of plains of the European part of the Russian Federation), Moscow: Izd-vo VNIILM, 2000, 136 p.
- Koryakin V.N., *Spravochnik dlya taksatsii lesov Dal'nego Vostoka* (Guide to the Far-East forests taxation), Khabarovsk: Dal'NIILKh, 1990, 526 p.
- Kozlovskii V.B., Pavlov V.M., *Khod rosta osnovnykh lesobrazuyushchikh porod SSSR* (Growth course of the main forest forming species in USSR), Moscow: Lesnaya promyshlennost', 1967, 327 p.
- Kuz'michev V.V., *Modelirovanie rosta drevostoev i optimizatsiya lesovyrashchivaniya* (Modelling of stand growth and silvicultural improvements), In: *Optimizatsiya ispol'zovaniya i vosproizvodstva lesov SSSR* (Improvement of exploitation and regeneration of forests of the USSR) Moscow: Nauka, 1977, pp. 93–108 (191 p.).
- Rukovodstvo po uluchsheniyu sostoyaniya i povysheniyu produktivnosti dubrav v lesosotepnoi zone evropeiskoi chasti Rossiiskoi Federatsii*, (Handbook on improvement of health and productivity of oak forests in the forest-steppe of european part of the Russian Federation), Voronezh: 1997, 68 p.
- Seredyuk A.V., Vyvodtsev N.V., *Sostavlenie standartnykh normativov dlya taksatsii dubovykh nasazhdenii* (Drawing up standards for taxation of oak plantations), *Sistemy. Metody. Tekhnologii*, 2017, No. 2 (34), pp. 157–164.
- Shvidenko A.Z., Shchepashchenko D.G., Nil'son S., Bului Y.I., *Tablitsy i modeli khoda rosta i produktivnosti nasazhdenii osnovnykh lesobrazuyushchikh porod Severnoi Evrazii: normativno-spravochnye materialy* (Tables and models of growth and productivity of forests of major forest forming species of Northern Eurasia), Moscow: Izd-vo Rosleskhoz, IIASA, 2008, 886 p.
- Usenko N.V., *Derev'ya, kustarniki i liany Dal'nego Vostoka* (Trees, shrubs and lianas of the Far East), Khabarovsk: Priamurskie vedomosti, 2009.
- Vyvodtsev N.V., Seredyuk A.V., *Sostavlenie standartnykh normativov dlya taksatsii dubovykh nasazhdenii* (Drawing up standards for valuation of oak plantings), *Uchenye zametki TOGU*, 2017, Vol. 8, No. 1–1, pp. 29–35.
- Vyvodtsev N.V., Vyvodtseva A.N., Kobayasi R., *Sosna kedrovaya koreiskaya v Khabarovskom krae i perspektivy ee vosstanovleniya* (Korean pine in Khabarovsk kraj: prospects of reforestation), Khabarovsk: Izd-vo TOGU, 2016, 205 p.
- Zagreev V.V., Sukhikh V.I., Shvidenko A.Z., Gusev N.N., Moshkalev A.G., *Obshchesoyuznye normativy dlya taksatsii lesov* (All-Union norms of forest taxation), Moscow: Kolos, 1992, 494 p.