

9. Онучин А.А., Соколов В.А., Втюрина О.П. Перспективы интенсификации лесного хозяйства в Сибири // Лесное хозяйство. – 2010. – № 6. – С. 11–12.
10. Орешенко А.П. Особенности выращивания посадочного материала тополя в условиях южной тайги Средней Сибири: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Красноярск: Изд-во СибГТУ, 2004. – 22 с.
11. Орлов М. М. Лесопользование как исполнение лесоуправляющего планирования. – М.: Изд. дом «Лесная промышленность», 2006. – 480 с.
12. Починков С.В. Экономика устойчивого лесопользования // Использование и охрана природных ресурсов в России: бюл. – 2007. – № 2. – С. 45–52.
13. Соколов В.А. Основы управления лесами Сибири. – Красноярск: Изд-во СО РАН, 1997. – 308 с.



УДК 630*521.3

Е.В. Сомов, Н.В. Выводцев

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ДИАМЕТРА СТВОЛА НА ВЫСОТЕ 1,3 м ОТ ДИАМЕТРА ПНЯ ДЛЯ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ГОРОДСКИХ ПОСАДКАХ НА ТЕРРИТОРИИ г. ХАБАРОВСКА

В статье приведены результаты исследований зависимости диаметра ствола на высоте 1,3 м от диаметра пня для сосны обыкновенной в условиях городских посадок на территории г. Хабаровска, которые имеют важное значение для городского зеленого хозяйства при определении величины ущерба в случае нелегального сноса деревьев.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, городские посадки, диаметр ствола на высоте 1,3 м, диаметр пня, высота пня.

E.V. Somov, N.V. Vyvodtsev

DEPENDENCE RESEARCH OF THE TRUNK DIAMETER AT 1,3 m HEIGHT ON THE STUB DIAMETER FOR THE SCOTCH PINE IN THE URBAN PLANTATIONS ON THE KHABAROVSK CITY TERRITORY

The research results on dependence of the trunk diameter at 1,3 m height on the stub diameter for the Scotch pine in the city plantation conditions on the Khabarovsk city territory which have great value for the city green economy in the process of damage value determination in case of illegal tree cutting are given in the article.

Key words: Scotch pine, urban plantations, trunk diameter at 1,3 m height, stub diameter, stub height.

Введение. Важной проблемой, имеющей значение для городского зеленого хозяйства, является необходимость восстановления диаметра ствола на высоте 1,3 м по диаметру пня с целью определения величины ущерба в случае нелегального сноса деревьев. На территории г. Хабаровска для этого используется специальная таблица [4]. Данная таблица является частью одноименной таблицы из [6], где сведения, касающиеся сосны обыкновенной, в свою очередь представляют собой преобразованные данные аналогичной таблицы из [7]. В результате анализа используемой таблицы были обозначены следующие моменты:

1. Таблица была разработана на основе исследований стволов деревьев, произрастающих в условиях леса, и предназначена для лесохозяйственных целей на территории Дальнего Востока. Это обстоятельство заставляет задуматься о степени достоверности получаемых результатов при использовании рассматриваемой таблицы в отношении городских насаждений, условия произрастания которых могут создавать существенные различия в сбежистости комлевой части стволов по сравнению с лесными насаждениями.

2. В таблице не учитывается высота пня. Деревья в городской черте нелегально могут спиливаться на различной высоте, в том числе и у шейки корня. Ввиду значительного сбегания в комлевой части ствола диаметры пня на различных высотах могут существенно отличаться, следовательно, значения диаметра ствола на высоте 1,3 м, полученные по диаметрам пней, имеющих различную высоту, могут значительно варьироваться. Если в лесном хозяйстве имеют место массовые измерения и многими погрешностями можно пренебречь, то городским насаждениям более соответствует индивидуальный подход, что требует использования более точных оценок.

3. Минимальная и максимальная ступени толщины пня в рассматриваемой таблице ограничены значениями 16 и 48 см соответственно, в то время как в городской черте всегда есть деревья (в т.ч. сосны) как меньших, так и больших размеров, и в этом случае не ясно, как определять ущерб от их нелегального сноса.

Для сравнения в исходной таблице [6] приводится диапазон диаметра пня от 16 до 76 см, но эти данные по какой-то причине не были использованы.

4. Использование рассматриваемой таблицы ведет к двойному переходу от точного значения диаметра к ступени толщины: один раз для получения ступени толщины пня и второй раз для получения ступени толщины ствола на высоте 1,3 м при определении такс восстановительной стоимости. Двойной переход увеличивает потери информации, что может снижать достоверность результатов.

Исходя из вышесказанного, были поставлены следующие задачи:

1. Разработать регрессионные модели для определения диаметра ствола сосны обыкновенной на высоте 1,3 м по диаметру пня с широким прогнозным диапазоном, для различной высоты пня, применительно к зеленым насаждениям г. Хабаровска.

2. Оценить и сравнить степень достоверности результатов восстановления диаметра ствола на высоте 1,3 м по диаметру пня с использованием разработанных моделей, применяемой таблицы [4], а также других вариантов аналогичных нормативов.

Объекты и методы исследования. В качестве объектов исследования отбирались деревья сосны обыкновенной, произрастающие на территории г. Хабаровска в насаждениях различных структур. Измерения диаметров деревьев производились мерной вилкой в двух взаимно перпендикулярных направлениях с точностью 0,5 см на высотах 0 (шейка корня), 5, 10 и 130 см. Большой массив наблюдений (850 деревьев) был перемешан с помощью генератора равномерно распределенных случайных чисел и методом случайного бесповторного отбора [2] разделен на две части [3]: выборку для построения регрессионных моделей (549 деревьев) и тестовую выборку для оценки достоверности разработанных моделей и сравниваемых вариантов таблиц (301 дерево). Для аппроксимации зависимостей диаметра ствола на высоте 1,3 м от диаметра пня использовалось уравнение прямой. Ввиду гетероскедастичности регрессионных остатков оценка параметров моделей осуществлялась взвешенным методом наименьших квадратов [1]. Точность моделей, оценка и значимость их параметров, а также выполнение предпосылок регрессионного анализа оценивались соответствующими стандартными методами [1]. Оценка значимости различий между регрессиями, соответствующими различной высоте пня, осуществлялась путем введения фиктивных (dummy) переменных [1]. Регрессионный анализ и сопутствующие ему процедуры статистического оценивания осуществлялись в пакете Statistica 6.

Результаты и их обсуждение. По данным модельной выборки осуществлялся регрессионный анализ зависимостей диаметра ствола на высоте 1,3 м от диаметра пня для трех высот пня (0, 5 и 10 см). Характеристика уравнений регрессии приведена в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика уравнений регрессии для зависимостей диаметра ствола на высоте 1,3 м от диаметра пня

h_{st} , см		b	SE_b	t	p	R^2	δ	F	$p(F)$
0	b_0	-0,854	0,190	-4,499	<0,001	0,943	1,975	12085,9	<0,001
	b_1	0,798	0,007	109,936	<0,001				
5	b_0	-1,188	0,161	-7,391	<0,001	0,962	1,623	18008,3	<0,001
	b_1	0,846	0,006	134,195	<0,001				
10	b_0	-1,164	0,156	-7,454	<0,001	0,968	1,478	20369,8	<0,001
	b_1	0,870	0,006	142,723	<0,001				

Примечание: h_{st} – высота пня; b – коэффициент регрессии; SE_b – стандартная ошибка коэффициента регрессии; t – расчетное значение критерия Стьюдента; p – расчетный уровень значимости; R^2 – коэффициент детерминации; δ – стандартная ошибка оценки регрессии; F – значение критерия Фишера значимости регрессии; $p(F)$ – расчетный уровень значимости для F-критерия.

Анализ табл. 1 показывает значимость всех регрессий ($p(F) < 0,05$). Доля объясненной дисперсии составляет более 94%. Коэффициенты уравнений значимы ($p < 0,05$). Для оценки значимости различий между зависимостями диаметра ствола на высоте 1,3 м от диаметра пня при различной высоте пня формировалась единая регрессионная модель, в которой влияние высоты пня учитывалось путем введения в уравнение двух бинарных фиктивных переменных (Q_1 и Q_2). Тогда регрессионное уравнение имеет следующий вид:

$$d_{1,3} = b_0 + b_1 d_{st} + (\mu_1 Q_1 + \varphi_1 Q_1 d_{st}) + (\mu_2 Q_2 + \varphi_2 Q_2 d_{st}) + e,$$

где d_{st} – диаметр пня, см;
 Q_1 и Q_2 – фиктивные переменные, определяющие высоту пня;

μ_1, μ_2 – коэффициенты, отражающие изменение параметра регрессии b_0 в результате влияния фиктивных переменных;

φ_1, φ_2 – коэффициенты, отражающие изменение параметра регрессии b_1 в результате влияния фиктивных переменных.

Для обеспечения возможности сравнения зависимостей $d_{1,3} = f(d_0)$ и $d_{1,3} = f(d_{0,1})$ с зависимостью $d_{1,3} = f(d_{0,05})$ значения фиктивных переменных были заданы следующим образом: $Q_1 = 1$ – для высоты пня 0 см; $Q_1 = 0$ – для высоты пня 5 и 10 см; $Q_2 = 1$ – для высоты пня 10 см; $Q_2 = 0$ – для высоты пня 0 и 5 см. Характеристика уравнения регрессии приведена в табл. 2.

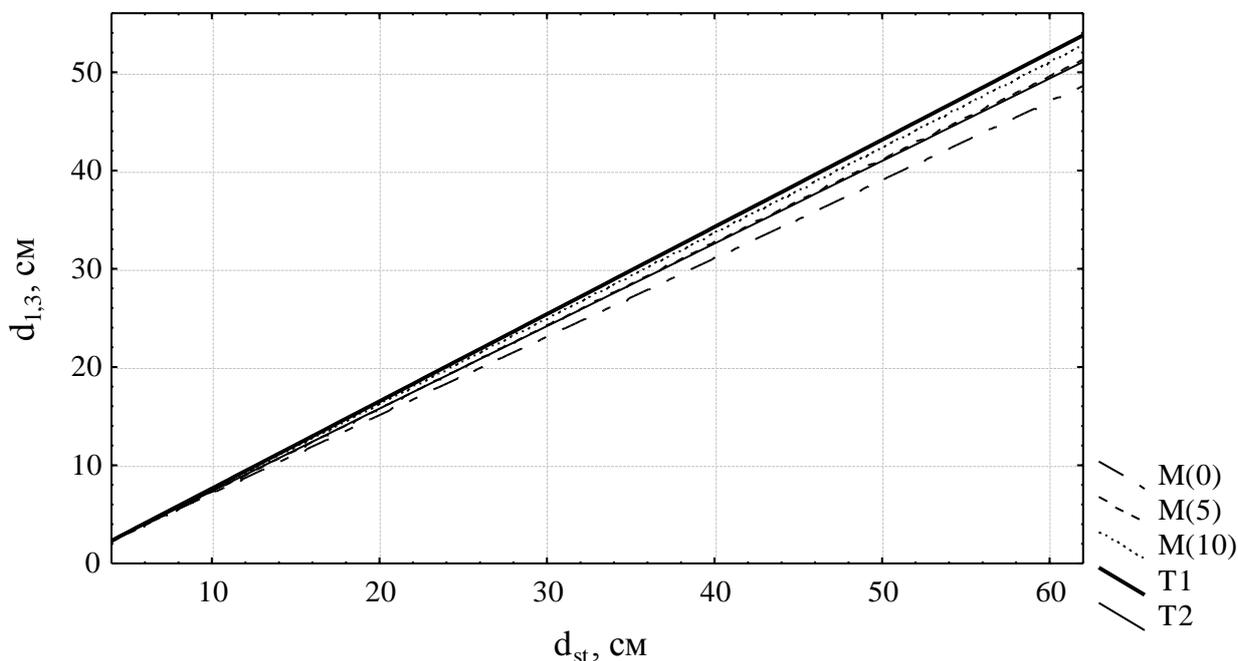
Таблица 2

Характеристика уравнения регрессии с фиктивными переменными для зависимости диаметра ствола на высоте 1,3 м от диаметра пня при различной высоте пня

b		SE _b	t	p	Adj R ²	δ	F	p(F)
b ₀	-1,188	0,160	-7,407	<0,001	0,958	1,705	10132,7	<0,001
b ₁	0,846	0,006	134,489	<0,001				
μ ₁	0,334	0,249	1,341	0,180				
φ ₁	-0,049	0,010	-5,062	<0,001				
μ ₂	0,024	0,224	0,106	0,916				
φ ₂	0,024	0,009	2,715	0,007				

Примечание: Adj R² – коэффициент детерминации, скорректированный на число степеней свободы.

В результате анализа табл. 2 можно заключить, что зависимости $d_{1,3} = f(d_{0,05})$ и $d_{1,3} = f(d_0)$ не имеют значимых различий между свободными членами регрессий ($p(\mu_1) > 0,05$), но значимо различаются коэффициентами наклона ($p(\varphi_1) < 0,05$). Различия между зависимостями $d_{1,3} = f(d_{0,05})$ и $d_{1,3} = f(d_{0,1})$ аналогичны ($p(\mu_2) > 0,05$; $p(\varphi_2) < 0,05$). В связи с этим рассматриваемые зависимости следует считать статистически значимо различающимися друг от друга. График зависимости диаметра ствола на высоте 1,3 м от диаметра пня по разработанной регрессионной модели приведен на рисунке.



Зависимости диаметра ствола на высоте 1,3 м от диаметра пня (разработанная модель и сравниваемые варианты): M(0) – модель для $h_{st} = 0$ см; M(5) – модель для $h_{st} = 5$ см; M(10) – модель для $h_{st} = 10$ см; T1 – таблица из [6]; T2 – таблица А.М. Межибовского [5]

В качестве вариантов нормативов для сравнения с полученной моделью были выбраны табл. из [6] (исходный вариант для табл. из [4]) и табл. А.М. Межибовского [5], по данным которых построены прямые, также изображенные на рисунке. В качестве критерия достоверности принималась относительная частота совпадений ступеней толщины фактических значений диаметра ствола на высоте 1,3 м со значениями, найденными по модели (или табл.) по фактическим значениям диаметра пня. Величина ступени толщины принималась равной 4 см в соответствии с существующей градацией для такс восстановительной стоимости деревьев в насаждениях г. Хабаровска [4]. Высота пня задавалась как фиксированной для всех наблюдений выборки, так и произвольной, выбираемой случайным образом из рассматриваемых вариантов высот (0, 5 или 10 см). Случайный выбор высоты пня позволяет имитировать практическое использование модели для пней различной высоты. В свою очередь, выбор фиксированной высоты пня позволяет определить достоверность модели при условии ее использования для заданных высот пня. Результаты расчетов сведены в табл. 3.

Анализ табл. 3 показывает, что соответствие между значениями диаметра ствола на высоте 1,3 м, полученными по разработанной модели, и фактическими значениями наблюдается в 63,2–69,4% случаев (в зависимости от высоты пня и режима (случайный или фиксированный) ее выбора). Наряду с расхождениями на одну ступень толщины, при использовании модели возможны расхождения на две ступени в 0,3–2,6% случаев. Расхождений на три ступени толщины не выявлено. Ярко выраженного дисбаланса между относительной частотой завышений и занижений значений не наблюдается.

Соответствие между значениями диаметра ствола на высоте 1,3 м, полученными по таблице из [6], и фактическими значениями наблюдается в 44,0–62,1% случаев. Наряду с расхождениями на одну ступень толщины возможны расхождения на две ступени в 0,7–10,5% случаев. Для высоты пня 0 см возможны также расхождения на три ступени толщины – в 1,4% случаев. Кроме того, выявлено, что при использовании таблицы частота завышений значений диаметра ствола на высоте 1,3 м значительно превышает частоту занижений (в 1,7–9,6 раза). Достоверность разработанной нами модели выше, чем достоверность данной таблицы, на 7,3–19,2%.

Таблица 3

Относительные частоты расхождений между фактическими значениями диаметра ствола на высоте 1,3 м и его значениями, полученными по разработанной модели и по таблицам сравниваемых вариантов

Вариант сравнения	Предлагаемая модель						Таблица из [6]						Таблица А.М. Межибовского [5]											
$h_{st}, \text{ см}$	0																							
$\Delta d_{1,3}, \text{ см}$	+4	-4	+8	-8	+12	-12	0	+4	-4	+8	-8	+12	-12	0	+4	-4	+8	-8	+12	-12	0			
$\gamma, \%$	17,6	16,6	2,3	0,3	0	0	63,2	38,8	5,3	10,5	0	1,4	0	44,0	25,6	10,6	4,0	0	1,0	0	58,8			
$h_{st}, \text{ см}$	5																							
$\Delta d_{1,3}, \text{ см}$	+4	-4	+8	-8	+12	-12	0	+4	-4	+8	-8	+12	-12	0	+4	-4	+8	-8	+12	-12	0			
$\gamma, \%$	16,6	14,3	1,3	0	0	0	67,8	31,3	8,6	4,0	0	0	0	56,1	15,6	16,6	1,7	0,7	0	0	65,4			
$h_{st}, \text{ см}$	10																							
$\Delta d_{1,3}, \text{ см}$	+4	-4	+8	-8	+12	-12	0	+4	-4	+8	-8	+12	-12	0	+4	-4	+8	-8	+12	-12	0			
$\gamma, \%$	15,3	15,0	0,3	0	0	0	69,4	23,0	14,2	0,7	0	0	0	62,1	8,6	23,6	0,3	1,3	0	0	66,2			
$h_{st}, \text{ см}$	0, 5 или 10 (случайный выбор)																							
$\Delta d_{1,3}, \text{ см}$	+4	-4	+8	-8	+12	-12	0	+4	-4	+8	-8	+12	-12	0	+4	-4	+8	-8	+12	-12	0			
$\gamma, \%$	17,6	15,3	1,0	0	0	0	66,1	28,8	9,5	6,6	0	0	0	55,1	17,9	16,3	1,3	1,3	0	0	63,2			

Примечание: $\Delta d_{1,3}$ – величина расхождения; γ – относительная частота расхождения.

Соответствие между значениями диаметра ствола на высоте 1,3 м, полученными по таблице из [5], и фактическими значениями наблюдается в 58,8–66,2% случаев. Наряду с расхождениями на одну ступень толщины возможны расхождения на две ступени в 1,6–4,0% случаев. Для высоты пня 0 см возможны расхождения на три ступени толщины – в 1% случаев. Дисбаланс между относительной частотой завышений и занижений значений диаметра ствола на высоте 1,3 м проявляется по-разному в зависимости от высоты пня:

при случайном выборе высоты пня и при использовании таблицы для высоты пня 5 см – не прослеживается; при использовании таблицы для высоты пня 0 см наблюдается преобладание частоты завышений над частотой занижений в 7,7 раза; при использовании таблицы для высоты пня 10 см, наоборот, наблюдается преобладание частоты занижений над частотой завышений – в 2,8 раза. Достоверность результатов восстановления диаметра ствола на высоте 1,3 м по диаметру пня при использовании таблицы из [5] выше, чем при использовании таблицы из [6], на 4,1–14,8%. Результаты оценки разработанной нами модели и таблицы из [5] в целом близки: достоверность модели выше на 2,4–4,4%.

Выводы

1. Таблица зависимости диаметра ствола на высоте 1,3 м от диаметра пня, используемая в настоящее время на территории г. Хабаровска [4], для сосны обыкновенной в диапазоне высот пня от 0 до 10 см имеет достоверность результатов 44,0–62,1%, допускает ошибки на две ступени толщины в 0,7–10,5% случаев и на три ступени толщины (при высоте пня 0 см) – в 1,4% случаев, дает систематические завышения результатов, имеет ограниченный диапазон диаметров пня (16–48 см), в связи с чем значительно уступает по тем же показателям аналогичной таблице А.М. Межибовского [5] и еще больше – разработанной нами модели.

2. Предлагаемая модель дает большую достоверность результатов по сравнению с применяемой таблицей [4] для высот пня до 10 см на 7,3–19,2%. Частота расхождений на две ступени толщины при использовании модели сведена к минимуму. Модель сбалансирована по частоте положительных и отрицательных отклонений и может использоваться для деревьев сосны в диапазоне диаметров пня от 5 до 58 см.

3. Прямолинейные зависимости диаметра ствола на высоте 1,3 м от диаметра пня для сосны обыкновенной в городских посадках Хабаровска для высот пня 0, 5 и 10 см статистически значимо различаются в коэффициентах наклона ($p \leq 0,007$). Высота пня оказывает значимое влияние на рассматриваемые зависимости, в связи с чем должна учитываться при разработке соответствующих нормативов, что позволит существенно повысить степень достоверности получаемых результатов.

Литература

1. Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ: в 2 кн.: пер. с англ. – М.: Финансы и статистика, 1986-1987. – Кн. 1-2.
2. Кокрен У. Методы выборочного исследования: пер. с англ. – М.: Статистика, 1976. – 440 с.
3. Мостеллер Ф., Тьюки Дж. Анализ данных и регрессия: в 2 вып.: пер. с англ. – М.: Финансы и статистика, 1982. – Вып. 1–2.
4. Об утверждении «Порядка расчета восстановительной стоимости зеленых насаждений и исчисления ущерба, наносимого сносом и (или) повреждением их на территории города Хабаровска»: Постановление мэра г. Хабаровска от 27.03.2007 г. № 399 // КонсультантПлюс: справ.-правовая система. Доступ из локальной сети Б-ки Тихоокеан. гос. ун-та.
5. Общесоюзные нормативы для таксации лесов / В.В. Загреев [и др.]. – М.: Колос, 1992. – 495 с.
6. Справочник для таксации лесов Дальнего Востока / под ред. В.Н. Корякина. – Хабаровск: Изд-во ДальНИИЛХ, 1990. – 526 с.
7. Справочник лесостроителя Дальнего Востока / Дальневосточ. лесоустроит. предприятие Всесоюз. об-ния «Леспроект». – Хабаровск, 1973. – 226 с.