

637.928
Г-61

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
БССР

БЕЛОРУССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
им. С.М.Кирова

На правах рукописи

А.С. Головачев

ИИ
**Исследование формы древесных
стволов по относительным высотам —
теоретическая основа составления
таблиц объема и сбега стволов и
определения текущего прироста
древостоев**

*(Специальность № 561 -
лесоустройство и лесная таксация)*

А в т о р о ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени кандидата
сельскохозяйственных наук

Минск, 1968

634.928

Г-61

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
БССР

БЕЛОРУССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
им. С.М.Кирова

Пров. 1969 г.

Минск

На правах рукописи

А.С. ГОЛОВACHEВ

Исследование формы древесных стволов по
относительным высотам - теоретическая
основа составления таблиц объёма и сбёга
стволов и определения текущего прироста
древостоев

(Специальность № 56I - лесостроительство и лесная
таксация)

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени кандидата
сельскохозяйственных наук

М и н с к , 1 9 6 8

2028 ар.

Работа выполнена в период 1963-1967 г.г. на кафедре лесной таксации и лесоустройства Белорусского технологического института им. С.М. Кирова. Экспериментальные работы проводились в лесхозах БССР.

Научный руководитель - заслуженный деятель науки БССР, доктор сельскохозяйственных наук, профессор В.К. ЗАХАРОВ.

Официальные оппоненты:

Доктор сельскохозяйственных наук, профессор Ф.П. МОИСЕЕНКО, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент А.Д. ЯНУШКО.

Ведущее предприятие - Белорусское лесоустроительное предприятие В/О "Леспроект".

Автореферат разослан 18 апреля 1968 г.

Защита диссертации состоится 29 июля 1968 г.

на заседании совета Белорусского технологического института имени С.М.Кирова, г.Минск, ул.Свердлова, 13.

Диссертация, изложенная на 271 странице машинописного текста, состоит из введения, семи глав, выводов, списка использованной литературы и приложений. Текст иллюстрирован 87 таблицами и 44 рисунками.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Ваши отзывы и замечания по автореферату ^{просим} направлять в двух экземплярах с заверенными подписями по адресу Ученого Совета.

Ученый секретарь Совета

Программа построения коммунизма, принятая XXII съездом КПСС, решения XXIII съезда по пятилетнему плану развития народного хозяйства СССР и декабрьского (1963), майского (1966) Пленумов ЦК КПСС предусматривают рациональное использование, сохранение и приумножение лесных богатств нашей Родины. Основным условием выполнения этой задачи является непрерывное повышение продуктивности лесов. Установление сравнительной эффективности различных лесохозяйственных мероприятий, направленных на повышение продуктивности лесов, вопросы учёта лесосечного фонда ставят перед лесотаксационной теорией и практикой задачи совершенствования методов таксации леса.

Настоящая работа ставит своей целью в какой-то мере решить эти задачи. Основным вопросом диссертации является изучение закономерностей формообразования стволов в сосновых и еловых древостоях в зависимости от лесорастительных условий, разработка простых, экономичных и достаточно точных приёмов учёта запасов и прироста древостоев.

В Г Л А В Е I даётся краткая характеристика лесорастительных условий, лесного фонда района исследования и приводится краткий критический обзор отечественной и зарубежной литературы по вопросу исследования формы древесных стволов.

Литературный обзор вопроса показал, что попытки многих исследователей выразить форму древесных стволов аналитически при помощи математических уравнений и законов механики не привели к желаемым результатам. Принцип выражения формы и полнодревесности стволов старыми видовыми числами ($f_{1,2}$) и коэффициентами формы (q_2) получил более широкое распространение. Но в связи зависимости $f_{1,2}$ и q_2 от высоты, диаметра и полнодревесности этот метод имеет ряд теоретических недостатков. Учитывая это, Н.В. Третьяков, В. Гогенадль, А.Н. Карпов, Г. Сираков, В.К. Захаров, Е. Гроховский, М.В. Давидов, О. Дитмар и др. предлагают форму и полнодревесность стволов характеризовать относительными диаметрами, изменяющимися по относительным высотам. Данный

метод имеет ряд положительных сторон. Однако, в связи с неизученностью, у нас в СССР он не получил широкого применения. Поэтому наше внимание было сосредоточено на исследованиях формы древесных стволов по методу относительных высот.

Г Л А В А II посвящена изложению программы, методики сбора и анализу экспериментального материала.

Изучение формы древесных стволов с последующей разработкой методики составления таблиц объёма и сбега и определения текущего прироста древостоев потребовали исследования широкого круга вопросов с привлечением значительного экспериментального материала.

Программа работ включает следующие основные вопросы:

1) Изучить геометрическую основу образующей формы стволов и выявить экономически эффективный, отличающийся простотой и высокой точностью, метод установления формы и полнодревесности отдельных стволов и их совокупностей-древостоев. Исследования базировались на гипотезе профессора В.К. Захарова о единстве средней формы стволов отдельных древесных пород.

2) Определить влияние условий местопроизрастания, состава и возраста на форму и полнодревесность стволов сосновых и еловых древостоев.

3) Изучить закономерности в изменении полнодревесности стволов во взаимосвязи с основными таксационными показателями древостоев.

4) На основе теоретических исследований формы древесных стволов разработать рациональные методы определения средней формы стволов, текущего прироста древостоев и составления таблиц объёма и сбега.

Работа выполнена на экспериментальном материале 57 пробных площадей (семь из них - сплошной рубки). Пробные площади представлены наиболее распространёнными сосновыми и еловыми древостоями равного возраста, чистыми по составу, с подвоями 0,7 и выше.

Размер пробных площадей в соответствии с принятыми нормативами определялся числом деревьев преобладающей породы.

Для характеристики почвенно-грунтовых условий на каждой пробной площади закладывались почвенные разрезы со взятием образцов по генетическим горизонтам или производились прикопки.

Исследования закономерностей в формообразовании древесных стволов и текущего прироста отдельного древостоя проведены на 7 пробных площадях со сплошной рубкой 792 деревьев и обмером диаметров и прироста на относительных высотах через 0,1 h.

На 50 пробных площадях произведена рубка 2288 модельных деревьев из числа 3-х классов толщины (К.Е. Никитин, 1966) с обмером их по относительным высотам. Исследования поперечных стволов сосны по относительным высотам (И.В. Кров, 1965) выполнены на 792 срезках 66 модельных деревьев. Всего срублено и обмерено 3080 модельных деревьев. Пробные площади представлены Ia-У классами бонитета по сосне и Ia-III - по ели; по возрасту - I - УII классами по сосне и II-УI - по ели.

Экспериментальный материал обрабатывался известными в лесной таксации способами с широким применением методов кореляционного анализа.

В Г Л А В Е III рассматривается геометрическая основа образующей формы древесных стволов (Г. Сираков, 1947) и приводятся исследования формы продольных и поперечных сечений стволов по относительным высотам.

В основе геометрического подобия, позволяющего выявлять общие закономерности формообразования древесных стволов, лежит принцип относительных диаметров и высот.

Двойным преобразованием кривых продольных сечений древесных стволов, путем горизонтального и вертикального смещения образующей формы стволов достигается одновременное превращение абсолютных высот и диаметров в относительные; приводит их к соизмеримым величинам и даёт возможность количественно сравнить многие таксационные показатели древостоев.

В данном случае это позволяет форму стволов выражать конкретными показателями полндревесности стволов (q_{ak}), которые с изменением относительных высот (ak), образуя кривую этих показателей, описывают форму древесного ствола.

$$\frac{d_{pk}}{k} \cdot \frac{k}{d_{a1}} = \frac{d_{pk}}{d_{a1}} = q_{ak} \quad (1)$$

При замене диаметров в уравнении (1) площадями поперечных сечений критерий формы и полндревесности будет иметь вид кривой коэффициентов поперечных сечений, изменяющихся по относительным высотам.

$$\frac{q_{ak}}{q_{a1}} = \left(\frac{d_{pk}}{d_{a1}} \right)^2 = q_{ak}^2 \quad (2)$$

Произведения отношений площадей поперечных сечений - $\frac{q_{a1}}{q_{ak}}$ на нормальное видовое число f_{a1} дают данные для построения кривой нормальных видов чисел, которая позволяет характеризовать полндревесность ствола по всей его длине.

$$f_{ak} = \frac{q_{a1}}{q_{ak}} \cdot f_{a1} = \frac{1}{q_{ak}^2} \cdot f_{a1} \quad (3)$$

Под нормальным видовым числом - f_{ak} понимается отношение объёма его к объёму цилиндра, имеющего одинаковую со стволом высоту и площадь основания на одной из относительных высот от среза пня (или шейки корня) до 0,9 высоты его. Наиболее детальным исследованиям в данной работе подвергались нормальные видовые числа, соответствующие 0,1 высоте ствола - f_{a1} . Это видовое число, как одноименная величина стволов различных высот, принято за критерий полндревесности стволов.

Если объёмы частей древесного ствола от его основания до изменяющейся относительной высоты (v_{ak}), отнестись к общему объёму ствола, то критерий полндревесности, характеризуемый процентным содержанием объёма стволов, выразится кривой относительного увеличения объёма (W_{ak}).

$$W_{ak} = \sum_0^n v_{ak} : V \quad (4)$$

где n - целое число секций от нуля до 10.

Исследования формы и полндревесности отдельных стволов и древостоев сосны и ели в коре и без коры базировались на системе кривых 1,2,3,4. В основу исследований формы предельных сечений стволов сосновых и еловых древостоев, применяющихся в различных условиях местопроизрастаниях, взят принцип кривой показателей полндревесности стволов (1).

При одинаковых условиях местопроизрастания для чистого сосняка и ельника черничников БССР существенной зависимости средней формы и полндревесности стволов от высоты, диаметра на 1,3 м и возраста не установлено. Полндревесность стволов в коре (табл. I) еловых древостоев по $f_{0,1}$ на 5% выше, чем сосновых. Различия же полндревесности сосны и ели без коры не существенные и составляют $\pm 1,1\%$. Это является основанием разработки единых поставок распиловки пиловочника сосны и ели. Варьирование формы стволов ели и сосны по их длине неравномерно и составляет 6,4 - 6,8% у корневой шейки; 5,2 - 3,5% в пределах 0,05 м - 0,4 м; в области кроны - до 23 - 25%.

Исследованием формы и полндревесности стволов по ступеням толщины установлено, что наименьшие отклонения от средней формы стволов древостоев характерны для средних ступеней толщины, причем варьирование формы стволов 2-х и 4-х см - вых ступеней толщины оказалось на одном уровне. Это позволило исследование формы производить на основе обмеров стволов средних ступеней толщины.

При среднем варьировании формы ствола $C = 8\%$ и точностью исследования 3,2% для обеспечения результата с вероятностью 0,954 необходимо 20 наблюдений. Результаты исследования важны при наборе моделей для характеристики хода роста древостоев и при других исследованиях, связанных с установлением формы стволов.

В основу исследований формообразования стволов по объему взят принцип кривой относительного увеличения объема по секциям ствола (4), при этом объемы каждой секции выражаются в процентах от общего объема ствола. Установлено, что распределение объема ствола сосны и ели по его секциям, независимо

от условий местопрорастания, возраста и состава, выражается величинами, различия которых по отдельным секциям в коре составляют $\pm 8-10\%$, без коры - $\pm 3-4\%$. Так как в нижней половине ствола сконцентрировано 78-79% его общего объема, поэтому рациональность разработки, точность определения объема и текущего прироста древесных стволов обусловлены точностью исследований нижней части стволов.

Изучение формы поперечных сечений стволов подтвердили вывод многих исследователей - при массовых перечетах и замерах стволов в древостоях при D от 10 до 20 см допустимо округление диаметров до 2-х см, при D 20 см - до 4-х см; при этом точность определения суммы площадей сечений составляет 0,4 - 1,3%.

В Г Л А В Е IY рассмотрены закономерности изменения и взаимосвязи нормальных видовых чисел f_{rel} с высотами, диаметрами, показателями полнодревесности q_{rel} старыми видовыми числами f_{10} , а также исследовано влияние различных условий местопрорастания, состава и возраста на полнодревесность древостоев.

С целью выявления преимуществ f_{rel} перед f_{10} исследованы их абсолютные значения, варьирование и их связь с h , $d_{1,3}$ и с возрастом в чистых высокополнотных древостоях сосняка-черничника разных классов возраста.

На материале 650 модельных деревьев установлено, что зависимости старых видовых чисел, коэффициентов формы от h и $d_{1,3}$ выражаются уравнениями

$$f_{10} = 0,403 + \frac{0,67}{h} + \frac{0,78}{d_{1,3}}, \quad (5)$$

Система рядов кривых и показателей средней формы и полнодревесности стволов сосны и ели в коре и их варьирование по относительным высотам (возраст древостоев 70 лет)

Таблица № I

Относительные высоты	С о с н а при $f_{rel} = 0,52$						Е л ь при $f_{rel} = 0,54$									
	q_{rel}		q_{rel}^2		f_{rel}		W_{rel}		q_{rel}		q_{rel}^2		f_{rel}		W_{rel}	
	M	C, %	M	C, %	M	C, %	M	C, %	M	C, %	M	C, %	M	C, %	M	C, %
0	1,34	6,4	1,80	11,4	0,29	10,7			1,38	6,8	1,90	11,6	0,28	11,9		
0,05	1,07	4,0	1,14	6,8	0,46	7,6			1,07	4,1	1,14	7,1	0,47	7,0		
0,1	1,00	-	1,00	-	0,52	5,9	22,4	8,0	1,00	-	1,00	-	0,54	5,8	21,2	9,0
0,2	0,91	3,7	0,83	6,3	0,63	4,9	40,0	5,7	0,93	3,5	0,86	6,1	0,63	4,7	38,6	4,5
0,3	0,85	4,2	0,72	7,8	0,72	4,4	55,2	4,8	0,87	3,9	0,76	7,4	0,71	4,0	53,6	4,2
0,4	0,78	5,0	0,61	8,8	0,85	5,1	68,1	4,9	0,82	4,5	0,67	8,2	0,81	4,7	67,0	4,7
0,5	0,71	6,3	0,50	11,0	1,04	6,4	79,1	5,5	0,73	6,1	0,53	10,8	1,02	6,2	78,3	5,3
0,6	0,63	7,1	0,40	12,1	1,25	10,2	87,9	6,1	0,65	7,7	0,42	13,0	1,29	9,6	87,1	6,2
0,7	0,52	9,5	0,27	16,1	1,93	15,9	93,8	7,7	0,53	10,6	0,28	18,1	1,93	15,8	93,5	8,0
0,8	0,40	13,1	0,16	22,0	3,25	27,0	97,9	12,0	0,41	15,2	0,17	24,0	3,18	26,2	97,6	12,4
0,9	0,23	21,1	0,05	35,0	10,4	34,9	99,7	18,0	0,24	24,0	0,06	38,0	9,00	34,8	99,6	20,0

$$q_2 = 0,625 + \frac{0,516}{h} + \frac{0,406}{d_{1,3}} \quad (6)$$

Точность определения $f_{1,3}$ и q_2 по соответствующим формулам (5 и 6) составляет 1,2-2,8%.

Для быстрого определения запаса чистососновых древостоев при помощи прибора Биттерлиха, призмы и высотомера И.П.Анучина заслуживает внимания выявленная связь видовых высот $h_{f_{1,3}}$ с высотой ствола

$$h_{f_{1,3}} = 2,33 + 0,353h \quad (7)$$

Исследованием нормальных видовых чисел $f_{0,1}$ установлено, что среднее $f_{0,1}$ в типе леса сосняк-черничник не зависят от возраста ($t < 3$) - отклонения $f_{0,1}$ от средней величины (0,521 ± 0,0014) составляют 0,4-2,3%. Варьирование видовых чисел (C_f) отдельных стволов в древостоях уменьшается с увеличением возраста: для $f_{0,1}$ от 10,5 до 3,8%, для $f_{1,3}$ от 13,7 до 5,7%. Для древостоев разных возрастов (от 20 до 100 лет) среднее $C_{f_{0,1}}$ - 6,9% $C_{f_{1,3}}$ - 18,2%. Для определения $f_{0,1}$ отдельного древостоя независимо от возраста с точностью 2% и вероятностью 0,954 потребуется в 1,5 раза меньше наблюдений, чем для $f_{1,3}$, а для совокупности древостоев со средним возрастом от 20 до 100 лет - в 7 раз. Уменьшение количества наблюдений без снижения точности определения видовых чисел обуславливает преимущество $f_{0,1}$ перед $f_{1,3}$.

Распределение числа стволов древостоя по классам $f_{0,1}$ подчиняется закону нормального распределения ($A = -0,199 \pm 0,0961$, $B = 0,090 \pm 0,1922$), что придаёт особое значение методике составления таблиц объёма и сбёга по средней форме.

Исследования варьирования $f_{0,1}$ по ступеням толщины и распределения $f_{0,1}$ сосняка-черничника по редуционным числам и естественным ступеням как толщины, так и высоты доказывают стабильность $f_{0,1}$ и независимость их от h и $d_{1,3}$. Наименьшее варьирование $f_{0,1}$ соответствует средним ступеням толщины.

Коэффициент корреляции, корреляционные отношения, меры линейности между $f_{0,1}$ и h , d , возрастом для сосняка-черничника - ка недостоверные и составляют соответственно:

$z_h = -0,016 \pm 0,0392$, $z_d = -0,036 \pm 0,0392$, $z_A = -0,051 \pm 0,0391$;
 $\xi_h = -0,203 \pm 0,0376$, $\xi_d = -0,271 \pm 0,0363$; $\delta_h = -0,041 \pm 0,0160$
 $\delta_d = 0,072 \pm 0,0310$. Недостоверность показателей корреляции указывает на отсутствие связи между $f_{0.1}$ высотой, диаметром и возрастом и определяет теоретическое преимущество $f_{0.1}$ перед $f_{1.2}$

Указанные преимущества $f_{0.1}$ перед $f_{1.2}$ не исчерпывают всех превосходств первых перед другими. Одним из последующих преимуществ являются широкие теоретически обоснованные возможности упрощения определения $f_{0.1}$ (без снижения точности) при наличии минимального количества замеров стволов и в частности без установления для этих целей объёмов стволов.

При $V^2 = q_{0.5} \cdot h$ и $q_{0.5} = d_{0.5} \cdot d_{0.1}$ формула нормального вида - вого числа $f_{0.1} = V^2 : (g_{0.1} \cdot h)$ принимает вид

$$f_{0.1} = q_{0.5}^2 \quad (8)$$

При стабильности $f_{0.1}$ и $q_{0.5}$ связь между ними определится их разницей $C = q_{0.5} - f_{0.1}$ или их отношением - фактором формы F , откуда

$$f_{0.1} = q_{0.5} - C \quad (9)$$

$$f_{0.1} = \frac{q_{0.5}}{F} \quad (10)$$

Однако значительное варьирование $q_{0.5}$ и C (до 12%) ограничивает применение уравнений (8 и 9). Варьирование же фактора формы незначительное - до 3,2%. Поэтому уравнение (10) даёт результаты с отклонением до 2% от $f_{0.1}$ фактических.

Тесная корреляция между $f_{0.1}$ и $q_{0.5}$ (для сосны $z = 0,801 \pm 0,0073$, для ели $z = 0,821 \pm 0,0062$) позволяет их взаимосвязь выразить уравнениями:

для сосны: в коре $f_{0.1} = 0,092 + 0,60 q_{0.5}$ (II)

без коры $f_{0.1} = 0,100 + 0,60 q_{0.5}$ (I2)

для ели: в коре $f_{0.1} = 0,114 + 0,58 q_{0.5}$ (I3)

без коры $f_{0.1} = 0,069 + 0,64 q_{0.5}$ (I4)

С дняя ошибка уравнений регрессии (II-IV) $m_{0.1} = 0,018$.

Точность определения $f_{0.1}$ через эти уравнения для отдельных стволов в древостое при сравнении с $f_{0.1}$ фактическими составляет $\pm 3\%$; при определении $f_{0.1}$ древостоя по среднему $q_{0.1}$ точность повышается до $\pm 1,2\%$.

Наиболее точно $f_{0.1}$ (при $q_{0.1} = \frac{d_{0.1}}{g_{0.1}}$) определяется по формуле, которая основана на определении объема ствола по 10 секциям

$$f_{0.1} = \frac{q_{0.1}^2 + 0.5q_{0.1}^2 + q_{0.2}^2 + q_{0.3}^2 + \dots + q_{0.9}^2}{10} \quad (15)$$

Уменьшение числа секций до 5 (как у В. Гогенадля) приводит к определению $f_{0.1}$ с отрицательной (для большинства пород) систематической ошибкой до 6% и более.

При замене $q_{0.1}^2$ на $\frac{q_{0.1}}{g_{0.1}}$ формула (15) приобретает вид:

$$f_{0.1} = \frac{q_{0.1} + 0.5q_{0.1} + q_{0.2} + q_{0.3} + \dots + q_{0.9}}{10g_{0.1}} \quad (16)$$

Путём подстановки в знаменатель формулы (16) значений $g_{0.1}$, изменяющихся по относительным высотам по средним данным формы стволов для каждого ствола или древостоя (табл. I, ель I бонитета и сосны II бонитета чистого состава) можно определить ряд нормальных видовых чисел по всем относительным высотам $f_{0.1}$. Определение $f_{0.1}$ с точностью до 3,2% и достоверностью 0,954 достигается по данным 20 модельных деревьев средних ступеней толщины.

Из ряда нормальных видовых чисел заслуживают внимания исследования $f_{0.1}$ и $f_{0.05}$, так как необходимые для определения объемов стоящих деревьев уравнения связи $d_{0.1}$ и $d_{0.05}$ с $d_{1.3}$ имеют более тесные корреляции, чем таковые с другими относительными диаметрами. Данные же табл. I доказывают преимущество $f_{0.1}$ перед $f_{0.05}$, так как $C_{f_{0.1}} < C_{f_{0.05}}$.

При сравнении формы стволов с правильными стереометрическими телами интересно знать, как изменяется показатель степени " $m_{0.1}$ " общего уравнения образующих. Показатели степени $m_{0.1}$ образующих стволов, определенные с помощью способа хорд и формулы $f_{0.1} = \frac{1}{m+1} \cdot \left(\frac{1}{1-0.1}\right)^m$ позволяют сравнивать форму стволов сосны и ели в коре, так и без коры с формой параболамида.

Теория и практика лесной таксации накопили очень большой материал по исследованию старых видовых чисел. При наличии выявленных преимуществ $f_{0,1}$ перед $f_{1,3}$ необходимо учитывать, что для определения объёмов стоящих деревьев диаметр на 1,3м замерять намного легче, чем $d_{0,1}$. В этой связи при определении объёмов по формуле $V = ghf$ преимущество имеют $f_{1,3}$. Исходя из этого, предусматривая упрощение и уточнение определения $f_{1,3}$ представляет интерес установления различных видов связей между $f_{1,3}$ и $f_{0,1}$.

При замерах $d_{0,1}$ и $d_{1,3}$ связь $f_{1,3}$ с $f_{0,1}$ имеет вид

$$f_{1,3} = f_{0,1} \cdot \left(\frac{d_{1,3}}{d_{0,1}} \right)^2 = \frac{f_{0,1}}{q_n^2},$$

или

$$hf_{1,3} = hf_{0,1} : q_n^2 \quad (17)$$

Линейные корреляции между q_n^2 и $d_{1,3}$; $f_{0,1}$ и $q_{0,5}$ позволяют на сравнительно малом материале получать достаточно точные результаты по определению $f_{1,3}$.

Уравнение (17) обязывает при установлении связей $f_{1,3}$ с $d_{1,3}$ учитывать полндревесность стволов. На основе всего экспериментального материала при помощи произведений $d_{1,3}$ на $f_{1,3}$ получена таблица старых видовых чисел по ступеням толщины и классам полндревесности. Установлено, что для осины связь $f_{1,3}$ с $d_{1,3}$ и полндревесностью - $f_{0,1}$ и $q_{0,5}$ выражается уравнениями:

$$f_{1,3} = 0,089 + \frac{0,465}{f_{0,1} \cdot d_{1,3}} + 1,232 f_{0,1}^2, \quad (18)$$

$$f_{1,3} = 0,089 + \frac{0,638}{q_{0,5} \cdot d_{1,3}} + 0,653 q_{0,5}^2 \quad (19)$$

Нетрудно заметить, что при $h = 26м$ $f_{0,5} = f_{1,3}$, при $h = 13м$ $f_{0,1} = f_{1,3}$, при $h = 6,5м$ $f_{0,2} = f_{1,3}$, т.е. старым видовым числам могут соответствовать определенные нормальные видовые числа - $f_{0,2}$. Если ряд нормальных видовых чисел (табл. I) выразить графически, то на графике нормальное видовое число при относительной высоте 1,3 : h будет являться старым видовым числом для высоты - h .

Используя метод кривой ряда нормальных видов чисел (Г. Сираков, 1947), установлена связь $f_{1,3}$ с h и полндревесностью стволов следующим путем.

Карточки экспериментального материала группировались по классам полндревесности через 0,01 $f_{0,1}$. Для каждого класса были определены ряды нормальных видов чисел, кривые которых послужили для составления таблиц старых видовых чисел по h и $f_{0,1}$, а также по h и $q_{0,5}$.

Для сосны связи $f_{1,3}$ с h , $f_{0,1}$ и $f_{1,3}$ с h , $q_{0,5}$ выражаются уравнениями

$$f_{1,3} = 0,106 + \frac{0,864}{f_{0,1} \cdot h} + 1,025 f_{0,1}^2, \quad (20)$$

$$f_{1,3} = 0,106 + \frac{1,187}{q_{0,5} \cdot h} + 0,543 q_{0,5}^2. \quad (21)$$

По формуле $q_{0,5} = (d_{1,3} \cdot d_{0,1}) \cdot q_0$ осуществляется переход от q_0 к $q_{0,5}$. Точность определения $f_{1,3}$ по методу кривой ряда нормальных видовых чисел составляет $\pm 2,4\%$. Уменьшение длины секций до 0,025 h повышает точность определения $f_{1,3}$ по методу кривой ряда нормальных видовых чисел. В качестве опытного материала необходимо брать стволы с высотой 20-25 м и более.

Анализ рядов нормальных видовых чисел стволов различной полндревесности приводит к важной закономерности в изменении нормальных видовых чисел по длине ствола: $f_{0,25}$ в коре, независимо от полндревесности стволов сосны по $f_{0,1}$ имеют незначительное варьирование - до 3,8% и для стволов различной полндревесности этой породы оно равно 0,686. Выше 0,25 h для сосны и 0,30 h для ели абсолютные значения нормальных видовых чисел $f_{0,25}$ стволов более полндревесных по $f_{0,1}$ имеют меньшие значения, чем $f_{0,25}$ стволов менее полндревесных; полндревесность стволов сохраняется не за счёт изменения видового числа (в ту или другую сторону), а за счёт изменения площади поперечного сечения-диаметра.

При замерах $d_{0,25}$ и $d_{1,3}$ связь $f_{1,3}$ / $f_{0,25}$ выражается уравнением

$$f_{1,3} = f_{0,25} \cdot \left(\frac{d_{0,25}}{d_{1,3}} \right)^2 = 0,686 \cdot q_1^2 \quad (22)$$

При данных $d_{0.5}$ и $d_{1.3}$ связь $f_{1.3} C f_{0.5}$ имеет вид:

$$f_{1.3} = f_{0.5} \cdot 0.8 \quad (23)$$

С целью выявления оптимальных условий, которым соответствует наибольшая полндревесность стволов, исследовано влияние состава и различных условий местопроизрастания на форму и полндревесность стволов сосны и ели.

Исследования зависимости формы и полндревесности стволов ели и сосны от состава древостоя проведены в высокополнотных, I-II класса бонитета еловых и сосновых древостоях 75-90 лет, различающихся по составу. В составе пород ель изменялась от IO до 4 единиц. Изменение доли участия этой породы в составе от IO до 8 единиц не показало существенной разницы в полндревесности стволов ели в коре и без коры; уменьшение до 6 единиц привело к увеличению полндревесности стволов ели в коре до 3,1-3,3%, без коры - до 4,1 - 4,3%. Уменьшение ели в составе до 4 единиц не даёт заметных изменений в полндревесности стволов. Полндревесность стволов сосны в смешанных древостоях с елью (состав 6C4E) как в коре, так и без коры не уступает полндревесности ели в данном составе и выше полндревесности чистых сосняков и ельников по $f_{0.5}$ соответственно на 5,7 и 2,1% в коре и на 5,5% без коры.

Состав древостоя существенно сказывается на протяженности кроны, которая в процентах от высоты стволов ($P_{кр}$) в зависи - мости от доли участия ели в древостое составила: IOE - 69%, 8E - 55%, 6E - 47%, 6C4E - для ели - 41%, для сосны - 30%. Связь $P_{кр}$ с $d_{1.3}$ выражается уравнениями прямой с увеличением углового коэффициента при $d_{1.3}$ в корреляционном уравнении типа $P_{кр} = a + b d_{1.3}$ 0,1 (для IOE) до 0,9 (для ели - 6C4E).

В отношении полндревесности стволов и очищаемости их от сучьев очевидны преимущества смешанных сосново-еловых древостоев с составом 5C5E перед чистыми древостоями как сосны, так и ели.

Исследование влияния различных условий местопроизрастания на форму и полндревесность стволов проведено в чистых по сос -

таву высокополнотных сосновых древостоях различного возраста (16-100 лет) и классов бонитета (Ia - IV).

Установлено, что в молодняках форма и полнодревесность стволов (по $f_{a,1}$) сосны в коре и без коры с ухудшением условий местопроизрастания от Ia до IV бонитета уменьшается до 17,2%. В приспевающих сосновых древостоях связь формы и полнодревесности стволов с условиями местопроизрастания значительно уменьшается - отклонения полнодревесности (по $f_{a,1}$) древостоев Ia-IV колеблется от 3,5 до 5,2%. К возрасту спелости (в подтверждение исследований Е.Гроховского) форма и полнодревесность сосновых древостоев выравнивается независимо от условий местопроизрастания и тернет связь с условиями роста.

Стабильное формообразование стволов в сосновых древостоях БССР независимо от возраста наблюдается в типе леса сосняк-черничниковый ($f_{a,1}$ в коре 0,520, без коры 0,540).

В лучших условиях местопроизрастания полнодревесность стволов в чистых сосновых древостоях с увеличением возраста падает (для сосняка орлякового при A - 25 лет $f_{a,1}$ в коре 0,535; при A - 100 лет $f_{a,1}$ в коре 0,520). В худших условиях местопроизрастания, чем сосняк черничниковый, полнодревесность сосны увеличивается с увеличением возраста (для сосняка лишайникового при A-16 лет $f_{a,1}$ в коре 0,440; при A-85 лет $f_{a,1}$ в коре 0,515).

Идентичность формы и полнодревесности стволов сосны в спелых древостоях, произрастающих в различных условиях роста, позволяет применять единую методику составления таблиц объема и сбега, определения текущего прироста и для других целей и ни к какой мере не отвергает взаимосвязи между условиями роста и абсолютным ростом и развитием стволов древесных пород. Так независимо от полнодревесности, наличие объема древесины в стволах увеличивается с улучшением условий роста, степень абсолютной сбежистости наоборот - уменьшается.

Так как форма и полнодревесность стволов в древостоях находятся в зависимости от условий местопроизрастания (модальности), возраста (древостоев с бонитетами ниже и выше II-го),

состава (стволы в смешанно сосново-еловых древостоях полнодревеснее, чем в чистых) интересно знать, какая форма стволов соответствует определенной полнодревесности. Для этой цели исследованы связи показателей полнодревесности всех относительных высот (формы стволов) с нормальными видовыми числами $f_{0,1}$ (показателем полнодревесности). Установлена тесная корреляционная связь общего типа $f_{0,h} = a + b f_{0,1}$. Для сосны в коре параметры a и b при $q_{0,1} = 1,0$ приведены в таблице 2.

Таблица 2

Параметры	Параметры уравнения $f_{0,h} = a + b f_{0,1}$ по относительным высотам для сосны									
	0	0,05	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
а	1,91	1,23	0,55	0,33	0,17	0,06	-0,02	-0,09	-0,15	-0,16
в	-1,10	-0,30	0,69	0,99	1,18	1,26	1,26	1,19	1,07	0,74

Данные табл.2 послужили основанием для графического выражения формы стволов различной полнодревесности, что важно знать при составлении таблиц объёма и сбега, а следовательно для определения выхода сортиментов из стволов различной полнодревесности.

В Г Л А В Е У изложены методические приёмы и результаты совершенствования методов определения объёмов хлыстов и составления таблиц объёма и сбега.

Исследования абсолютных значений $f_{0,5}$ 15-ти древесных пород средней формы (в данном случае изучению подлежали 13 других пород кроме сосны и ели) для каждой породы выявили погрешности определения объёма хлыстов по формуле $V = f_{0,5} \cdot h$. Так для тополя густолиственного (результат получен по материалам Н. В. Бейзиной, 1964) погрешность достигает (-29,3%), сосны (-4,2%), ели +4,1%, осины +5,3%. Погрешности можно ликвидировать путем ввода в формулу параметра $f_{0,5}$ или путем нахождения сечения, при котором $f_{0,h} = 1$.

Определение $f_{0.5}$ рекомендуется производить по уравнениям:
для сосны:

$$f_{0.5} = 1.974 - 1.826 f_{0.1}, \quad (24)$$

$$f_{0.5} = 2.068 - 1.468 q_{0.5}, \quad (25)$$

независимо от породы

$$f_{0.5} = 0,66 + \frac{0,32}{q_1^2 \cdot h} + \frac{0,14}{q_2^2} \quad (26)$$

Зависимость $f_{0.5}$ от полндревесности стволов ограничивает применение единых значений $f_{0.5}$ при определении объёмов стволов. В этом отношении имеют преимущество те нормальные видовые числа, которые не зависят от полндревесности стволов, такими видовыми числами для сосны является $f_{0.5} = 0,686$, для ели $f_{0.5} = 0,70$. Тогда для сосны $V^* = 0,686 \cdot f_{0.5} \cdot h$, или $V^* = 0,538 \cdot d_{0.5}^2 \cdot h$ (27)

для ели $V^* = 0,7 \cdot g_{0.5} \cdot h$, или $V^* = 0,550 \cdot d_{0.5}^2 \cdot h$ (28)

Точность формул (27,28) в определении объёма по сравнению с секционными формулами $\pm 2,9\%$. Некоторое различие формул типа (27,28) для отдельных древесных пород ограничивает применение их в широкой практике.

Стабильность и независимость фактора формы ($F = \frac{f_{0.5}}{f_{0.1}}$) от полндревесности стволов при $A = 0,785$ позволили получить формулу определения объёмов срубленных стволов.

$$V = A \cdot d_{0.1} \cdot d_{0.5} \cdot h \quad (29)$$

Незначительные расхождения значений параметра A для сосны и ели как в коре, так и без коры позволили при определении объёмов стволов этих пород по формуле (29) пользоваться общим значением $A = 0,577$, при этом точность формулы (29) составляет $\pm 2,5\%$.

При $A = 0,565$ точность формулы (29) независимо от древесных пород, произрастающих в условиях БССР, $\pm 3,7\%$.

В решении задачи, связанной с рациональными способами составления таблиц объёма, использованы выявленные закономерности

ности в формообразовании древесных пород и взаимосвязи между таксационными показателями, определяющими объём и полндревесность стволов.

Применение формул $V = g_{0,1} \cdot h \cdot f_{0,1}$ и $V = A \cdot d_{0,1} \cdot d_{0,5} \cdot h$ при составлении таблиц объёма осуществляется при помощи уравнений связи $d_{0,1}$ с $d_{1,3}$, которые при \mathcal{E} от 0,989 до 0,997 имеют вид: для сосны $d_{0,1} = 1,23 + 0,893 d_{1,3}$; для ели $d_{0,1} = 2,18 + 0,852 d_{1,3}$.

На основании исследований для определения объёма сосны при $f_{0,1} = 0,512$ и $g_{0,5} = 0,70$ получена формула

$$V = (0,608 + 0,883 d_{1,3} + 0,320 d_{1,3}^2) \cdot h \quad (30)$$

Систематические ошибки при сопоставлении объёмов стволов сосны по таблицам, составленным на основе формулы (30), с объёмами по таблицам Союзлеспрома (Д.И.Товстолес) по Iб - III разрядам высот составили +1,9%, по IV - 5,9, по V - 9,9%. Систематическая ошибка по всем разрядам высот - 1,2%. Отклонения в IV и V разрядах высот объясняется тем, что $f_{0,1}$ таблиц Союзлеспрома соответственно составляют $f_{0,1}^I = 0,526$, $f_{0,1}^V = 0,546$. Формулу (30) ввиду значительного отклонения нельзя рекомендовать при таксации молодняков. Для составления таблиц объёма по предлагаемой методике необходимы обмеры I20 стволов.

Составление объёмных таблиц сосны на основе формулы $V = g_{0,5} \cdot h \cdot f_{0,5}$ при полндревесности стволов $f_{0,1} = 0,51$ и наличии экспериментального материала - I20 обмеров стволов решается при помощи уравнения связи $d_{0,5} = 0,60 + 0,788 d_{1,3}$ по формуле

$$V = (0,194 + 0,509 d_{1,3} + 0,334 d_{1,3}^2) \cdot h \quad (31)$$

Точность формулы (31) соответствует точности формулы (30). Преимущество формулы (31) перед (30) заключается в том, что при её выводе, кроме выявления связи $d_{0,5}$ с $d_{1,3}$ нет необходимости определять $f_{0,5}$, которое для стволов сосны различной полндревесности равна 0,686.

2028 ар.

Заслуживает внимания метод составления таблиц объема с применением старых видовых чисел, значения которых в зависимости от высоты определяются по методу кривой ряда нормаль - ных видовых чисел или с помощью кривой старых видовых чисел, построенной в зависимости от высот и полндревесности ство - лов.

При составлении таблиц объема и сбега за основу приня - та методика проф. В.К. Захарова. Определение процента коры по объему (P_k) производилось по формулам: для ели $P_k = \left(\frac{g_{1+2h}}{g_{0+2h}} - 1 \right) \cdot 100$, для сосны $P_k = \left(\frac{g_{1+2h} + 1,6h}{g_{0+2h}} - 1 \right) \cdot 100$. Составленные таблицы объема и сбега сосны II разряда высот средней формы сопоставлялись с таблицами Д.И. Товстолеса (отклонения объема до $\pm 1,6\%$).

В Г Л А В Е У I на материале пробных площадей со сплошной рубкой деревьев проведены исследования текущего при - роста древостоев по методу относительных высот в двух вариан - тах - по ширине годичного слоя и на основе изучений $f_{0,1}$.

Установлено, что средняя ширина годичного слоя ($i_{0,1}$) спелого древостоя ельника-кисличника с полнотой 0,8 находится на 0,45 h среднего дерева от его комля. Определение $i_{0,1}$ по данным обмеров стволов центральных ступеней толщины обеспечи - вает статистическую однородность средней величины и уменьша - ет в 2-2,5 раза число наблюдений по сравнению с методом слу - чайной выборки из всей совокупности. Ширина годичного слоя ели по относительным высотам в долях от $i_{0,1}$ (при $i_{0,1} = 0,90$ мм) составляет: на комлевом срезе - 1,6; на 0,05 h - 1,04; 0,1 h - 1,0; 0,2 h - 1,08; 0,3 h - 1,12; 0,4 h - 1,22; 0,5 h - 1,33; 0,6 h - 1,45; 0,7 h - 1,67; 0,8 h - 2,14; 0,9 h - 2,24. Наблюдается неравномерность ширины i по длине ствола - варьирование ши - рины i составляет 38-44%. Варьирование $i_{0,1}$ древостоя - 40%. Связь ширины $i_{0,1}, i_{0,2}, i_{0,3}, i_{0,4}$ с диаметрами на 1,3 м выража - ется уравнениями парабол второго порядка.

Исследование ширины годичного слоя о высоте ствола позволяет дать критический анализ определения текущего при - роста по боковой поверхности древесных стволов. Точность

определения текущего прироста ($\Sigma \Delta_{\nu}$) древостоя ели по методу боковой поверхности (S) при обмерах 25-30 модельных деревьев составила: используя l_{cp} и ΣS по 10 секциям +9,1%, используя $l_{a,5}$ и ΣS по $d_{a,5}$ без коры +22,6. Корреляционная связь S б/коры = 0,704 $d_{1,3}$ б/к - 5,326 и уравнений связей l_a с $d_{1,3}$ упрощают определение $\Sigma \Delta_{\nu}$, обеспечивая точность $\pm 10\%$. Так как в спелых еловых древостоях $l_{1,3} < l_{cp}$, а ΣS по $d_{a,5}$ больше ΣS фактической, то в этих древостоях (при условии взаимного погашения ошибок) определение $\Sigma \Delta_{\nu}$ через $l_{1,3}$ по формуле $\Sigma \Delta_{\nu} = \Sigma S \cdot l_{1,3}$ (где ΣS определяется по $d_{a,5}$) обеспечивает точность результата до 10%, в молодняках погашения ошибок не наблюдается, а поэтому применять $l_{1,3}$ для определения $\Sigma \Delta_{\nu}$ можно только при обязательном корректировании ошибок в зависимости от возраста.

Определение $\Sigma \Delta_{\nu}$ древостоя с использованием $f_{a,1}$ по методу проф. В.К. Захарова

$$\Sigma \Delta_{\nu} = M_a - M_{a-n} + f_{a,1} (\Sigma Y_{1,1a} \cdot M_a - \Sigma Y_{1,1(a-n)} \cdot M_{a-n}) \quad (32)$$

проведено на 4-х пробных площадях со сплошной рубкой деревьев, $\Sigma \Delta_{\nu}$ которых при сопоставлениях принимались за истинные. Точность метода по результатам обмера 15 срубленных моделей из центральных ступеней толщины - 4,7 - 5,9%. Увеличение числа моделей до 20 не всегда сопровождается повышением точности учета прироста.

Для определения $\Sigma \Delta_{\nu}$ без рубки моделей (при использовании формулы проф. М.Л. Дворецкого $\Sigma \Delta_{\nu} = \frac{M_a \cdot P_M}{100 + 0,5P_M}$ и уравнений связи $d_{1,3}$ в коре с $d_{a,5}$ без коры) предлагаем определять $\Sigma \Delta_{\nu}$ по проценту прироста (P_M)

$$P_M = \frac{200}{n} \cdot \frac{Y_{a,1} \cdot M_a - Y_{a,1(a-n)} \cdot M_{a-n}}{Y_{a,1} \cdot M_a + Y_{a,1(a-n)} \cdot M_{a-n}} \quad (33)$$

Точность метода, при наличии необходимых измерений прироста на 20-30 учетных деревьях одного древостоя, находится в пределах 7-13,5%.

Основные методы и практические предложения

1. Метод исследования формы и полнодревесности стволов, текущего прироста древостоев по относительным высотам через $0,1h$ позволяет абсолютные измерения на древесных стволах различных по высоте и диаметру привести к соизмеримым величинам, что даёт возможность количественно и статистически сравнивать многие таксационные показатели древостоев.

2. Форму древесных стволов с достаточной точностью характеризует законченный ряд показателей полнодревесности $(g_{11} = d_{12} : d_{10})$, изменяющихся по относительным высотам от основания ствола до его вершины. Полнодревесность стволов вполне объективно характеризует нормальное видовое число - f_{11} или показатель полнодревесности - g_{11} . Точность определения формы и полнодревесности стволов в 3,2% при вероятности получаемых результатов в 0,954 обеспечивают замеры 20 моделей центральных ступеней толщины.

3. Форма стволов наиболее изменчива в молодняках. Она находится в прямой связи с условиями роста. В приспевающих чистых сосновых древостоях эта связь значительно уменьшается. К возрасту спелости существенной связи между формой стволов и условиями роста не наблюдается. Форма и полнодревесность стволов сосны и ели в смешанных сосново-еловых древостоях выше, чем в чистых ельниках и сосняках. С увеличением полноты древостоя наблюдается увеличение полнодревесности стволов. Распределение объёма стволов сосны и ели по секциям (объём секций выражен в процентах от общего объёма ствола) независимо от условий местопроизрастания, возраста и состава древостоев пока - зало близкое сходство, особенно в стволах без коры, где отклонения вычисленных значений процентного содержания объёма секций не превышает +3-4%. В нижней половине ствола сконцентрировано 78-80% его общего объёма, а поэтому рациональность разработки, точность определения объёма и текущего прироста древесных стволов обусловлены точностью исследований этой части ствола.

4. Варьирование f_{01} и f_{12} уменьшается с возрастом древостоя. В отдельном древостое независимо от возраста $C_{f_{01}}$ в 1,5-2 раза меньше, чем $C_{f_{12}}$; для совокупности древостоев возраста 20-100 лет $C_{f_{01}} < C_{f_{12}}$ в 7 раз; а поэтому для достижения одной и той же точности определения f_{01} и f_{12} для f_{01} необходимо соответственно в 1,5-2 раза меньше моделей, чем для определения f_{12} . Независимость f_{01} стволов от h и d_{12} древостоев в возрасте спелости определяют теоретическое и практическое преимущество f_{01} перед f_{12} .

5. Тесные корреляционные связи между показателями полноты древесности стволов f_{01} , f_{02} и объёмобразующими признаками позволяют при минимальном объёме экспериментального материала с высокой точностью определять форму, полноту древесности и объём стволов. Особое значение при этом необходимо придавать взаимосвязям f_{01} с f_{12} и методам установления f_{02} на основе исследований формы древесных стволов по относительным высотам.

6. Метод относительных высот при исследовании и закономерностей в формообразовании древесных стволов и взаимосвязей между таксационными показателями, определяющими форму, полноту древесности и объём ствола, позволяет при наличии небольшого экспериментального материала (120 стволов на один разряд высот) составлять таблицы объёма и сбега древесных стволов и по данным обмеров 20-30 деревьев в одном древостое устанавливать величину годичного прироста древостоев с достаточной точностью ($\pm 13,5\%$). Распределение числа стволов в древостоях по классам полноты древесности - f_{01} подчиняется закону нормального распределения.

7. Экономический эффект составления таблиц объёма и сбега по предлагаемой методике выражается в том, что в среднем на один разряд высот количество экспериментального материала по сравнению с существующей методикой таблиц Союзлеспрома уменьшается до 3-х раз.

8. Достаточная точность результатов и сравнительно малые трудозатраты, связанные с определением текущего прироста без рубки модельных деревьев по предлагаемой методике (формула 33),

определяют целесообразность опробирования и дальнейшего изучения текущего прироста по методу относительных высот для других древесных пород.

9. Для практического применения из данной работы можно рекомендовать уточненную методику исследования формы стволов по относительным высотам; установленные виды взаимосвязей такса - ционных показателей, определяющих форму, полндревесность и объём стволов; результаты и способ определения f_{10} по $f_{0.1}$; методику составления таблиц объёма и сбёга стволов; способ определения текущего прироста древостоев без рубки модельных деревьев.

Основное содержание диссертационной работы опубликовано в следующих печатных работах автора:

1. Исследование нормальных видовых чисел. ИВУЗ "Лесной журнал", № 4, 1965 (в соавторстве с В.К.Захаровым).
2. Исследование формы древесных стволов. Сб. научных тр. БТИ им. С.М.Кирова "Вопросы лесоводства и лесоводства", вып. I, изд. "Высшая школа", Минск, 1965.
3. Средняя форма стволов сосны и определение нормальных видовых чисел. ИВУЗ "Лесной журнал", № 2, 1966.
4. Нормальные видовые числа и связь их с высотой, диаметром и возрастом деревьев и насаждений. ИВУЗ "Лесной журнал", № 4, 1966.
5. Определение величины годичного прироста деревьев и насаждений. Ботаника (исследования), вып. УШ, изд. "Наука и техника", Минск, 1966 (в соавторстве с В.К.Захаровым).
6. Полндревесность стволов сосны в различных лесорастительных условиях. Тезисы докладов научно-технической конференции БТИ им. С.М.Кирова, посвященной 50-летию Советской власти, Минск, 1967.
7. К вопросу об исследовании формы древесных стволов. Сб. научных тр. аспирантов БТИ им. С.М.Кирова "Вопросы лесоводства и лесозащиты", изд. "Высшая школа", Минск, 1967.
8. Новый способ составления объёмных таблиц древесных стволов. ИВУЗ "Лесной журнал", № 5, 1967.
9. Определение объёмов стволов на основе исследований нормальных видовых чисел и показателей формы. Сб. научных тр. аспирантов БТИ им. С.М.Кирова "Вопросы лесоводства и лесозащиты", изд. "Высшая школа", Минск, 1967.

10. Определение текущего прироста древостоя по запасу на основе исследований средней формы стволов (в соавторстве с А.С. Бабакиным), ИВУЗ "Лесной журнал" (в печати).

Материалы диссертации изложены в докладах:

1. Определение объёмов стволов на базе единства их средней формы. Доклад на научно-технической конференции аспирантов БТИ им.С.М.Кирова, Минск, 1966.

2. Полндревесность стволов сосны в различных лесорастительных условиях. Доклад на научно-технической конференции БТИ им.С.М.Кирова, посвященной 50-летию Советской власти, Минск, 1967.