

*Профессор В. К. ЗАХАРОВ,  
доктор сельскохозяйственных наук*

## **О МЕТОДАХ УЧЕТА ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ ЛЕСОВ В РЕЗУЛЬТАТЕ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ МЕЛИОРАЦИЙ**

Одним из наиболее эффективных технических приемов повышения производительности заболоченных лесных площадей являются гидротехнические мелиорации. Для технического и экономического обоснования планов и проектов таких мелиораций требуется проведение соответствующих расчетов об изменениях величины текущего прироста древесины на корне, происходящих в результате осуществления проектов мелиораций в производственных условиях.

Целью настоящего сообщения является освещение применяемых в практике методов учета повышения продуктивности лесов на определенной территории в результате осуществления гидротехнических мелиораций.

Как известно, эффективность мелиорации заболоченных лесных площадей обуславливается влиянием многих факторов, из числа которых отметим главнейшие: а) тип болот (верховые, переходные, низинные); б) тип леса; в) состав и возраст насаждений; г) способ проведения мелиораций; д) расстояние мелиорированной площади от осушительной канавы; е) продолжительность действия осушения.

В границах же однородного объекта мелиорации решающее влияние на ее эффективность оказывают два фактора: 1) расстояние исследуемой площади от осушительной канавы и 2) продолжительность действия последних.

В историческом аспекте развития, уточнения и углубления методов учета повышения продуктивности заболоченных лесов в результате осушения рассмотрим следующие методы такого учета:

1) взятие пробных деревьев на осушенной площади без закладки пробных площадей;

2) закладка пробных площадей на осушенной территории со взятием модельных деревьев для анализа хода их роста;

3) закладка пробных площадей по возрастам древостоев и типа леса с детальной характеристикой почвенно-грунтовых условий и проведением дополнительных наблюдений над уровнем грунтовых вод;

4) закладка постоянных пробных площадей в год осушения и проведение комплексного изучения факторов среды, обуславливающих влияние осушки на рост древостоев.

Рассмотрим перечисленные методы в приведенной последовательности.

Взятие пробных деревьев на осушенной площади (без закладки пробных площадей) дает возможность установить время наступления действия осушения, а также расстояние, на которое распространяется влияние проведенной мелиорации. Эти вопросы получают освещение на основе обработки пробных модельных деревьев методом анализа хода их роста или же на основе исследования ширины годичных слоев до и после осушки по определенным периодам—обычно по 5-летним.

Модельные деревья на осушенной площади выбираются на разных расстояниях от осушительной канавы—в перпендикулярном направлении от последней—по возможности средних диаметров наличного древостоя—в количестве 2—3 моделей для каждого принятого интервала расстояния.

С целью проведения анализа хода роста выбранные модели срубаются и через 1—2 м (в зависимости от высоты деревьев) выпиливаются кружки.

Особое внимание уделяется изучению хода роста по высоте, диаметру, объему и величине текущего прироста ствола с вычислением при этом средних величин из взятых моделей по каждому таксационному признаку.

Исследования ведутся по пятилетним периодам до и после осушки. Полученные результаты заносятся в

«бланк анализа хода роста дерева» установленной формы и иллюстрируются соответствующими графиками, которые будут наглядно показывать эффективность проведенной мелиорации. В целях сопоставления хода роста мелиорированных насаждений с ходом роста однородных по условиям местопроизрастания насаждений, но не подвергавшихся осушке, в последних также берутся пробные деревья.

На графике следует показать ход роста взятых модельных деревьев по трем основным таксационным признакам: высоте, диаметру и объему, как это показано на графике 1. Способ построения основной кривой хода роста по высоте взятых моделей приведен на графике 2.

Рассмотренный метод модельных деревьев дает лишь общее представление об эффекте, полученном от влияния осушки на повышение продуктивности древостоев, поскольку таксационная характеристика их не изучена. Следовательно, этот метод может найти применение лишь в порядке предварительных исследований.

Более углубленные и дифференцированные показатели эффективности мелиорации могут быть получены исследованием на пробных площадях, которые закладываются со взятием моделей с целью установления количественных и качественных показателей влияния осушки на изменение прироста древостоев, а также для установления расстояния, на которое распространяется действие осушительной сети.

Порядок закладки пробных площадей различный, а именно: а) пробы закладываются в виде ленты различной ширины перпендикулярно направлению канавы протяжением на все расстояние ее действия, причем по длине лента разбивается на отдельные секции, которые и являются единицами исследования; б) пробы закладываются длинной стороной параллельно осушительной канаве с некоторыми интервалами между отдельными пробами—30—40 м; примерные размеры проб: ширина 20—30 м, длина 50—100 м.

Первая проба закладывается на расстоянии 5—10 м от канавы; эта канава подробно описывается по размерам, времени закладки, современному состоянию, проводившимся ремонтам и другим признакам.

Во всех случаях величина пробы устанавливается с таким расчетом, чтобы на каждой пробе было не менее

23 м  $A=132$

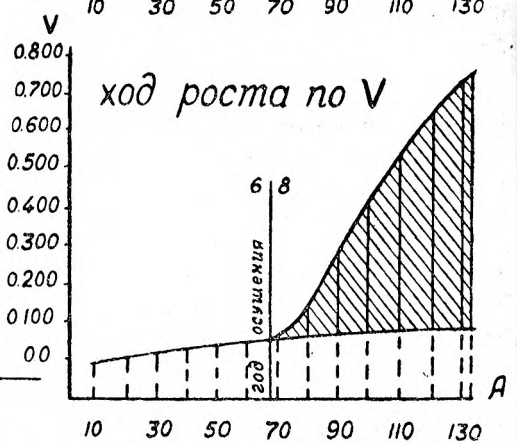
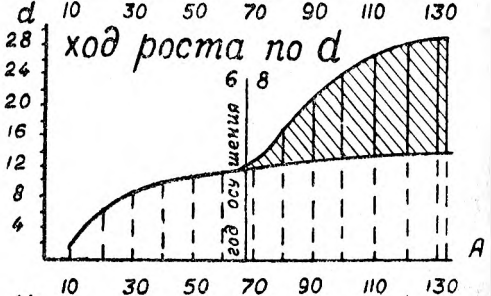
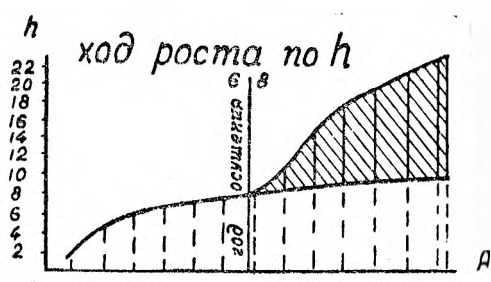
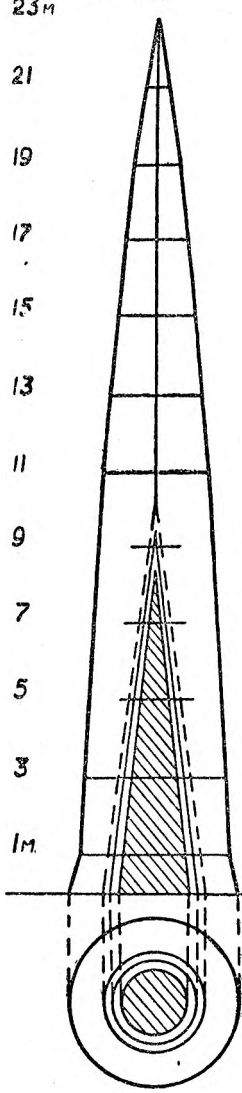


График 1. Анализ хода роста дерева (масштаб: для разреза ствола по высоте—в 1 см—1 м, по диаметру—в 1 см—8 см).

150—200 деревьев преобладающей породы. Для такого расчета используется известная формула:

$$F_m^2 = Nl^2,$$

где:  $F_m^2$  — площадь пробы в  $m^2$ ;

$N$  — требуемое минимальное число стволов (150—200);

$l$  — среднее расстояние между деревьями, которое устанавливается путем непосредственного измерения в натуре расстояний между 40—50 деревьями.

Пример:  $F_m^2 = 200 \cdot 5^2 = 200 \cdot 25 = 5000 m^2 = 0,5 га$ .

На всех пробных площадях обязательно взятие модельных деревьев для анализа хода роста.

В целях сопоставления хода роста мелиорированных насаждений с ходом роста однородных по условиям местопроизрастания насаждений, но не подвергавшихся осушке, в последних также закладываются контрольные пробные площади со взятием моделей.

На отведенных пробных площадях проводится пересчет всех деревьев по 2-сантиметровым ступеням толщины и качественным категориям с замерами высот по каждой ступени у 2—3 деревьев для последующего построения кривой соотношений диаметров и высот исследованных деревьев.

ЛЭ/МЭ ОТРУБКОВ	ВЫСОТА СЕЧЕНИЯ	ЧИСЛО СТВОВ	ВОЗРАСТ В КОГ. ДЕРЕВО ДОС- ТИГЛО ВЫСОТЫ СЕЧЕНИЯ	ВЫСОТА СТВОЛА ПО ДЕСЯТИ- ЛЕТИЯМ	
				А	Н
ШЕЯ И КОРЯ	0	95	-	10	0.9
I	1	84	11	20	2.6
ВЫС. ГРУДЬ	1.3	83	12	30	7.7
II	3	74	21	40	12.6
III	5	70	25	50	16.4
IV	7	68	27	60	20.0
V	9	62	33	70	22.6
VI	11	59	36	80	24.6
VII	13	54	41	90	26.2
VIII	15	48	47	95	27.0
IX	17	43	52		
X	19	37	58		
XI	21	32	63		
XII	23	23	72		
XIII	25	13	82		
XIV	27	0	95		

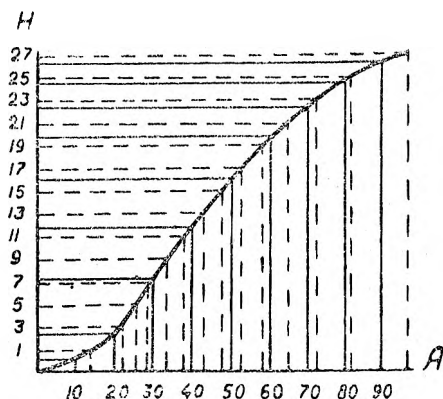


График 2. Построение кривой высот по данным анализа хода роста дерева.

По данным перечета вычисляется запас древостоя — или по массовым таблицам, а при наличии достаточного числа моделей — на основе последних.

Модели для анализа хода их роста берутся в следующем порядке. По данным перечета древостой делится на 3—5 равновеликих классов по площади сечения и запасам. С этой целью общая сумма сечений ( $G$ ) делится на 3 или 5 (по числу классов); для каждого класса устанавливается общее число стволов, вычисляется средний диаметр ( $d$ ) и средняя высота ( $H$ ).

По этим данным модели выбираются в природе и используются по методу «анализа хода роста дерева». Для каждого класса берутся 2—3 модели.

Исследование хода роста ведется по пятилетним периодам. На каждом срезе обозначается высота сечения и тщательно подсчитывается число годовичных слоев; по этим двум показателям запаса строится кривая хода роста по высоте.

Данные обработки моделей по анализу хода роста переносятся на график типа графика 1, на котором иллюстрируется ход роста до и после осушки по высоте ( $H$ ), диаметру ( $d$ ) и объему моделей ( $v$ ). На графике 1 заштрихованные площадки наглядно указывают на увеличение приростов по  $d$ ,  $H$  и  $v$  по 10-летиям в результате проведенной осушки. Вертикальный разрез ствола характеризует три различных периода его роста: I—до 25—30 лет — нормальный; II — от 25—30 до 68 лет — крайне замедленный рост в условиях заболоченности площади и III—резкое повышение роста после осушки. Пунктиром показаны размеры ствола, которые имело бы дерево при отсутствии мелиорации, учитывая размеры по  $d$ ,  $H$  и  $v$  по приведенному графику для возраста 132 лет.

Дополнительно может быть дан график соотношений между текущим и средним приростом по объему.

Эффективность мелиорации по увеличению объемного прироста общего запаса древостоя за  $n$ -летний период устанавливается на основе взятых средних моделей по 3 или 5 классам при помощи формулы (8), а также графика 3, который указывает на линейную зависимость между квадратами диаметров моделей и величинами объемов моделей и их приростов.

По результатам обработки пробных площадей и модельных деревьев представляется возможным проследить эффективность осушения в зависимости от расстояний от осушительной сети, а также продолжительности действия канав—по 5- или 10-летним периодам. Устанавливается также повышение класса бонитета древостоев на пробах; с этой целью обычно проводят расчеты по хозяйственному возрасту.

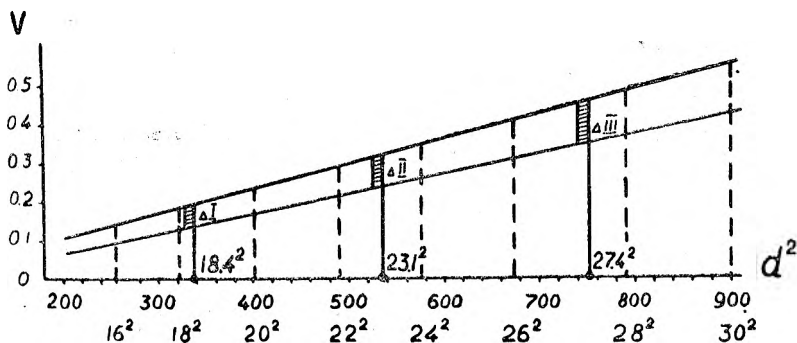


График 3. Графический способ определения текущего прироста по объему на временных пробных площадях (по моделям).

В тех случаях, когда объектом исследования является комплекс насаждений, различающихся по возрастной структуре, типам условий местопроизрастания и типам леса, пробные площади закладываются отдельно в каждой однородной категории насаждений.

Для уточненной характеристики среды произрастания леса обязательно взятие почвенных разрезов с детальной зарисовкой и описанием почв по генетическим горизонтам.

Необходимы также организация и проведение наблюдений над уровнем грунтовых вод на заложенных пробных площадях.

По методике такого рода исследований, разработанной Институтом леса АН БССР, предусмотрены дополнительные исследования торфа со взятием образцов для лабораторных анализов, исследования корневой системы, хода естественного возобновления. Проводится также ни-

велировка поверхности пробных площадей. Перечисленные исследования ведутся по специальной программе.

Собранный таким путем на пробах экспериментальный материал, предварительно сгруппированный по возрастам и классам бонитетов, обрабатывается ранее описанным способом. По каждой пробе устанавливается исчерпывающая таксационная характеристика с вычислением запасов, приростов—текущего и среднего и графическим их оформлением.

Результаты анализа хода роста моделей представляются в виде особых таблиц изменения высот, диаметров и объемов через пятилетние периоды в зависимости от возрастных категорий и классов бонитетов. Оформленные таким путем материалы дадут конкретные показатели эффективности проведенных гидротехнических мелиораций.

Наиболее уточненные исследования по учету эффективности влияния осушки на рост древостоев проводятся на постоянных пробных площадях. Характерной особенностью этого метода является закладка постоянных пробных площадей в год осушки в объектах, различающихся по условиям среды произрастания леса и возрастной структуре. Дополнительно закладываются контрольные пробы вне зоны действия осушки на однородных по условиям произрастания участках.

На постоянных пробах обязательна нумерация масляной краской всех деревьев на высоте 1,3 м с проведением краской горизонтальной черты на указанной высоте. В процессе перечеа устанавливается детальная характеристика каждого дерева по дифференцированным таксационным признакам с занесением этих данных в особую перечеающую ведомость. Ведомость подеревного перечеа может быть следующей формы:

№ деревьев	Порода	Класс роста	Высота в м	Диам.	Энергия роста в высоту	Процент протяжения кроны	Качественная категория ствола	Особенности строения ствола и формы кроны
				в коре				



Подробно описывается тип условий местопроизрастания и тип леса, почвенно-грунтовые условия со взятием образцов для анализа химического состава почв. Проводится нивелировка поверхности. Организуются наблюдения над уровнем грунтовых вод и другие исследования, направленные на исчерпывающую характеристику среды, на изучение факторов ее, обуславливающих влияние осушки на рост древостоев. Развернутая программа такого комплексного изучения среды должна быть разработана до начала исследований.

Повторная таксация постоянных пробных площадей со взятием модельных деревьев проводится через пятилетние периоды. Модельные деревья для анализа хода роста берутся по возможности за границей пробы.

Результаты повторной таксации проб в сопоставлении с данными контрольных проб дадут возможность установить влияние осушки по следующим показателям:

- 1) время наступления и затухания действия канавы;
- 2) расстояние, на которое распространяется действие канавы;
- 3) динамика прироста каждого дерева и древостоя в целом по высоте, диаметру и объему в сопоставлении с периодом до мелиорации;
- 4) изменение состава древостоя, величины и характера отпада;
- 5) ход естественного возобновления на пробах;
- 6) изменения в структуре и химизме почв и напочвенном покрове.

Результаты обработки таксационных материалов должны быть проанализированы также в отношении изменения хода роста насаждений в зависимости от метеорологических факторов и гидрологических условий пробных площадей.

Общий прирост насаждений по запасу ( $\Sigma\Delta_v$ ) на основе материалов повторной таксации вычисляется по формуле:

$$\Sigma\Delta_v = V_a - V_{a-n} + S, \quad (1)$$

где:  $V_a$  и  $V_{a-n}$  — запас древостоев теперь и  $n$  лет назад.

$S$  — величина отпада за исследуемый период  $n$  лет.

Располагая приведенными данными, не трудно определить и процент текущего прироста ( $P_v$ ) по запасу за истекший период по формуле:

$$P_v = \frac{200}{n} \cdot \frac{V_a - V_{a-n} + S}{V_a + V_{a-n}} = \frac{200}{n} \cdot \frac{\Sigma \Delta_v}{V_a + V_{a-n}} \quad (2)$$

На основе детального анализа полученных показателей эффективности влияния осушки на рост древостоев исследователь прослеживает и устанавливает влияние отдельных факторов среды на изменение роста отдельных деревьев и древостоя в целом и дает им соответствующую оценку.

Учитывая необходимость широкого и объективного освещения вопросов эффективности гидротехнических мелиораций и привлечения для этой цели не только научно-исследовательских учреждений, но и широкого круга специалистов лесного хозяйства на местах, в целях ознакомления исследователей с методами такого учета мы приведем ряд рекомендуемых для этой цели формул с цифровыми примерами по их применению.

### 1. Формула проф. Г. М. Турского для определения процента текущего прироста стоящих деревьев:

$$P_v = (K+2)P_d = (K+2) \cdot \frac{200}{n} \frac{D-d}{D+d} \quad (3)$$

По формуле (3) определяется процент текущего прироста по объему ствола на основе процента прироста по диаметру за период  $n$  лет ( $P_d$ ).

Значение коэффициента  $K$  берется на основе глазомерного определения энергии роста в высоту по таблице 1.

Таблица 1

П р и р о с т				
отсутствует $K=0$ $P_v = 2P_d$	слабый $K=0,4$ $P_v = 2,4P_d$	умеренный $K=0,7$ $P_v = 2,7P_d$	хороший $K=1$ $P_v = 3P_d$	очень хороший $K=1,3$ $P_v = 3,3P_d$

Пример. Модельное дерево в возрасте 80 и 90 лет имело высоты:  $H_{80}=10,6$  м,  $H_{90}=15,0$  м; диаметры на высоте 1,3 м:  $d_{80}=16,6$  см,  $d_{90}=21,0$  см. Протяженность кроны—выше  $\frac{3}{4} H$ . Энергия роста в высоту—очень хорошая. Диаметры всегда измеряются без коры.

Подставляя приведенные величины в формулу (3), получаем:

$$P_v = (1,3 + 2) \cdot \frac{200}{10} \cdot \frac{21,0 - 16,6}{21,0 + 16,6} = 7,7 \text{ проц.}$$

При точных научных исследованиях значение коэффициента  $K$  устанавливается непосредственно по формуле

$$\frac{H_{a-n}}{H_n} = \left( \frac{d_{a-n}}{d_n} \right)^k, \quad (4)$$

откуда получаем значение  $K$  путем логарифмирования.

## 2. Формула для определения $P_v$ по средней ширине годичного слоя:

$$P_v = \frac{Ki}{d_{1,3}}. \quad (5)$$

Для рассмотренной модели средняя ширина годичного слоя по радиусу за последние 10 лет составит:

$$i = \frac{21,0 - 16,6}{2 \cdot 10} = \frac{4,4}{20} = 0,22 \text{ см.}$$

Выбор величины коэффициента  $K$  в зависимости от протяжения кроны и энергии роста в высоту проводится по таблице 2.

Для нашего объекта формула (5) дает следующий результат:

$$P_v = \frac{730 \cdot 0,22}{21,0} = 7,6 \text{ проц.}$$

## 3. Формула для определения $P_v$ по относительному диаметру:

$$P_v = \frac{200}{n} \cdot \frac{r^s - (r-1)^s}{r^s + (r-1)^s}. \quad (6)$$

Таблица 2

Протяженность кроны от осно- вания дерева	Прирост в высоту				
	прекрат.	слабый	умерен- ный	хороший	очень хороший
Ниже $\frac{1}{2} H$	400	$\frac{470}{II}$	$\frac{530}{III}$	$\frac{600}{IV}$	$\frac{670}{IV \frac{1}{2}}$
Между $\frac{1}{2}$ и $\frac{3}{4} H$	400	$\frac{500}{II \frac{1}{2}}$	$\frac{570}{III \frac{1}{2}}$	$\frac{630}{IV \frac{1}{2}}$	$\frac{700}{V}$
Выше $\frac{3}{4} H$	400	$\frac{530}{III}$	$\frac{600}{IV}$	$\frac{670}{V}$	730

Примечание. В знаменателе римскими цифрами указаны группы для выбора таблицы процента прироста по способу относительного диаметра (формула 6).

Относительным диаметром ( $r$ ) называется отношение величины диаметра теперь к его приросту за  $n$

$$\text{лет, т. е. } r = \frac{d}{\Delta d}.$$

Показатель степени  $s$  в формуле (6) равен значению  $(K+2)$  в формуле проф. Г. М. Турского; для нашего объекта  $s=(1,2+2)=3,2$ .

Используя полученное значение  $s$  в формуле (6) и значение  $r = \frac{21,0}{21,0-16,6} = 4,77$ , вычислим процент текущего прироста:

$$P_v = \frac{200}{10} \cdot \frac{4,77^{3,2} - (4,77-1)^{3,2}}{4,77^{3,2} + (4,77-1)^{3,2}} = 7,2 \text{ проц.}$$

Для облегчения пользования формулой (6) в лесотаксационных справочниках приводится вспомогательная таблица вычисленных процентов текущего прироста стоящих деревьев в зависимости от величины относительного диаметра ( $r$ ), протяженности кроны и энергии роста в высоту; подбор соответствующей группы таблицы проводится по таблице 2.

Рассматриваемому модельному дереву отвечает группа V; по относительному диаметру  $r=4,8$  прирост за 10 лет составляет 74 проц., а за один год 7,4 проц.

Из приведенных примеров видно, что различные методы определения процента текущего прироста дерева дают довольно близкие результаты.

**4. Способы определения прироста насаждений по объему на временных пробных площадях.** При наличии 3 или 5 классов, образованных по равенству сумм площадей сечений и запасов, и взятии средних моделей по каждому классу запас насаждения может быть вычислен по следующей формуле:

$$V = G_1 \frac{v_1}{g_1} + G_{II} \frac{v_{II}}{g_{II}} + G_{III} \frac{v_{III}}{g_{III}} + \dots + G_n \frac{v_n}{g_n} \quad (7)$$

**Пример.** Имеем пробную площадь в сосновом насаждении V бонитета, возраст—130 лет, число стволов на га—738, общая сумма площадей сечения  $G=28,116 \text{ м}^2$ , образованы три класса с суммами площадей сечений:

I кл.	II кл.	III кл.
9,347 м <sup>2</sup>	9,563 м <sup>2</sup>	9,206 м <sup>2</sup>

Характеристика средних моделей по классам:

	I класс	II класс	III класс
Средн. $d$ , см	18,4	23,1	27,4
Средн. $H_m$	13,7	15,4	16,0
Средн. $g$ (пл. сеч.) модели, м <sup>2</sup>	0,0265	0,0418	0,0590
Средн. объем ( $v$ ) моде- ли, м <sup>3</sup>	0,1823	0,3154	0,4597
Прирост по объему моде- ли за 10-летний период ( $\Delta v$ ), м <sup>3</sup>	0,0137	0,0237	0,0345

Общий запас насаждения ( $V$ ) по формуле (7) составляет:

$$v = 9,35 \cdot \frac{0,182}{0,0265} + 9,56 \cdot \frac{0,315}{0,0418} + \\ + 9,21 \cdot \frac{0,460}{0,0590} = 208,3 \text{ м}^3$$

Общий прирост по запасу насаждения ( $\Sigma \Delta v$ ) может быть вычислен по следующей формуле:

$$\Sigma \Delta_v = G_I \frac{\Delta_I}{g_I} + G_{II} \cdot \frac{\Delta_{II}}{g_{II}} + G_{III} \frac{\Delta_{III}}{g_{III}}. \quad (8)$$

Подставляя в формулу (8) вышеприведенные величины, получаем:

$$\begin{aligned} \Sigma \Delta_v &= 9,35 \frac{0,0137}{0,0265} + 9,56 \cdot \frac{0,0237}{0,0418} + 9,21 \cdot \frac{0,0345}{0,0590} = \\ &= 4,83 + 5,42 + 5,40 = 15,65 \text{ м}^3. \end{aligned}$$

Относя полученную величину общего прироста древостоя к запасу последнего и выражая его в процентах, получаем процент текущего прироста древостоя:

$$P_v = \frac{15,65 \cdot 100}{208,3} = 7,53 \text{ проц.}$$

Способы вычисления запасов и приростов древостоя по формулам (7) и (8) наглядно представлены на графике 3, на котором по оси абсцисс отложены квадраты диаметров древостоя по ступеням толщины, а по оси ординат—объемы моделей и приростов, взятых по этим ступеням. При таком построении наблюдается линейная зависимость между  $d^2$ ,  $v$ ,  $\Delta_v$ . Разность ординат по ступеням толщины указывает величины прироста по объему соответствующих модельных деревьев.

Наконец, процент текущего прироста древостоя может определяться и без срубki моделей—путем установления процента текущего прироста стоящих деревьев по ступеням или классам толщины, используя с этой целью одну из приведенных выше формул (3, 4, 5 и 6).

В этом случае процент прироста древостоя вычисляется по следующей формуле:

$$P_v = \frac{P_I V_I + P_{II} V_{II} + P_{III} V_{III} + \dots + P_n V_n}{\Sigma V}, \quad (9)$$

где:  $P_I, P_{II}, P_{III} \dots P_n$ —проценты текущего прироста стоящих деревьев;

$V_I, V_{II}, V_{III} \dots V_n$ —запасы древостоя по ступеням или классам толщины;

$\Sigma V$ —общий запас древостоя на пробе.

Располагая величиной  $P_v$  и общим запасом древостоя ( $\Sigma V$ ), можно получить и величину прироста по объему:

$$\Sigma \Delta_v = \frac{\Sigma VP_v}{100} . \quad (10)$$

Для определения величины  $P_v$  с достаточной точностью необходимо провести 10—15 измерений процента прироста по ступеням или классам толщины.

\* \* \*

Полученные методами лесной таксации данные о влиянии осушки на повышение продуктивности насаждений могут быть использованы для исчисления экономической эффективности мелиорации.

Этот вопрос может быть разрешен различными приемами. 1. Полученный в результате осушки дополнительный прирост древесины оценивается по корневым ценам на древесину и из полученной суммы вычитаются затраты на осушку. 2. Устанавливается товарность древостоев после осушки и сопоставляется с товарностью древостоя без осушения; выход промышленных сортиментов оценивается по прейскуранным ценам на готовую лесопroduкцию; из полученной общей оценки продукции вычитаются затраты на проведение осушки, а также на заготовку и транспорт лесопroduкции.

Подробный анализ эффективности осушки с финансовой стороны не входит в нашу задачу и составляет предмет специальных экономических исследований.

Таким образом, методы лесной таксации в применении к учету эффективности мелиораций обеспечивают получение объективных показателей для технического и экономического обоснования планов и проектов по мелиорации. Ознакомление с этими методами необходимо для широкого круга специалистов лесного хозяйства.