

УДК 630\*5 + 519.65

**В. П. Машковский**, кандидат сельскохозяйственных наук,  
доцент, заведующий кафедрой (БГТУ)

### ВЫЧИСЛЕНИЕ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ЛЕСОСЕКИ С УЧЕТОМ НЕ ПОКРЫТЫХ ЛЕСОМ ПЛОЩАДЕЙ НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИИ ПОВЫДЕЛЬНОГО БАНКА ДАННЫХ

В статье описана методика вычисления интегральной лесосеки с учетом не покрытых лесом площадей на основе информации повыведельного банка данных. Использование при вычислении интегральной лесосеки всей информации о лесном фонде объекта проектирования, имеющейся в повыведельном банке данных, позволяет более точно найти площадь под кривой поспевания. Эта величина является ключевой при определении размера главного пользования лесом интегральным методом. Полученные в данной работе расчетные формулы позволяют выполнять вычисления как с учетом, так и без учета периода возобновления, а также определять интегральную лесосеку для любого возраста рубки.

The technique of calculation of the principal harvesting size an integrated method with the account of the uncovered forest area on the basis of the databank information «Wood fund» is described. Use at calculation by an integrated method of the forest harvesting size all information on forest fund of designing object, available in a databank allows to calculate more precisely the area under a curve of accumulation of mature stands. The given size is key at definition of the principal forest harvesting size by an integrated method. The settlement formulas received in given work allow to carry out calculations both with the account, and without the renewal period. Offered formulas allow to calculate the principal forest harvesting size an integrated method for any age of cutting.

**Введение.** В системе обработки лесоустроительной информации интегральная лесосека вычисляется следующим образом:

$$L_{\text{инт}} = \frac{0,2}{K} (0,2F_{\text{молод}} + 0,6F_{\text{ср 2}} + F_{\text{ср 1}} + 1,4F_{\text{присп}} + 1,8F_{\text{сп}}), \quad (1)$$

где  $L_{\text{инт}}$  – интегральная лесосека;  $K$  – продолжительность класса возраста, лет;  $F_{\text{молод}}$  – площадь молодняков;  $F_{\text{ср 1}}$  – площадь старшего класса возраста средневозрастных древостоев;  $F_{\text{ср 2}}$  – площадь класса возраста, предшествующего старшему классу возраста средневозрастных древостоев;  $F_{\text{присп}}$  – площадь приспевающих древостоев;  $F_{\text{сп}}$  – площадь спелых и перестойных древостоев. Данный вариант формулы предложил академик Н. П. Анучин [1]. Однако в этой работе рассматриваемая формула была получена для оборота рубки продолжительностью 5 классов возраста. Все площади из формулы (1),  $F_{\text{молод}}$ ,  $F_{\text{ср 1}}$ ,  $F_{\text{ср 2}}$ ,  $F_{\text{присп}}$ , в схеме Н. П. Анучина были представлены одним классом возраста. Спелые древостои  $F_{\text{сп}}$  также в возрастной структуре были представлены одним классом возраста. Все насаждения более старшего возраста подлежали рубке. На практике оборот рубки для хозсекции зачастую оказывается совсем другим. В связи с этим в системе обработки лесоустроительной информации формула (1) используется с описанными ниже особенностями.

В том случае, если к средневозрастным древостоям относятся три класса возраста, площадь средневозрастных (кроме двух старших классов средневозрастных) суммируется с площадью молодняков и умножается на коэффициент, установленный для молодняков, – 0,2. Если к средневозрастным древостоям отнесено четыре и более классов возраста, площадь средневозрастных (кроме двух старших классов средневозрастных) умножается на коэффициент, установленный для молодняков, – 0,2, а молодняки в расчет не включаются. Если к средневозрастным древостоям отнесен только один класс возраста, то его площадь при вычислении интегральной лесосеки умножается на коэффициент 0,6. Данная схема расчета интегральной лесосеки соответствует «Методике определения расчетной лесосеки по рубкам главного пользования в лесах государственного значения СССР» [3]. К сожалению, такие расчеты во многом не соответствуют той идее, которую заложил академик Н. П. Анучин в предложенный им интегральный метод определения размера главного пользования [1]. Позднее в своем учебнике «Лесоустройство», Н. П. Анучин приводит ряд формул, позволяющих вычислить интегральную лесосеку для целого ряда оборотов рубки: 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130 и 140 лет [2]. Однако тот вариант расчета, который попал в «Методику определения расчетной лесосеки по рубкам главного пользования в лесах государственно-

го значения СССР» продолжает переключивать и в более поздние инструкции [5, 6]. Для вычисления интегральной лесосеки не обязательно применять отдельные формулы для разных оборотов рубки. Можно использовать единую методику расчета, позволяющую определить размер главного пользования интегральным методом для любого оборота рубки и для любого варианта группировки площадей хозсекции по возрасту (по классам возраста или по группам возраста) [4].

**Интегральный метод расчета размера главного пользования лесом.** Рассмотрим суть интегрального метода расчета размера главного пользования с помощью графика поспевающего насаждений, изображенного на рис. 1.

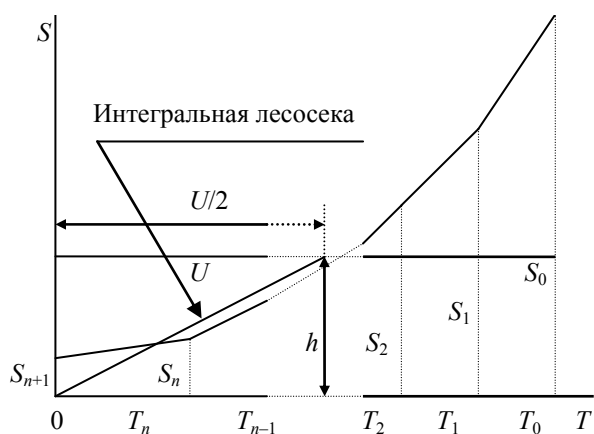


Рис. 1. График поспевающего насаждений

По оси ординат на нем отложены площади древостоев, которые можно рубить в настоящий момент (площадь спелых и перестойных древостоев  $S_{n+1}$ , имеющих возраст больший чем возраст рубки  $A$ ), через  $T_n$  лет (площадь древостоев в возрасте выше  $A - T_n$  лет –  $S_n$ ) и т. д. Заканчивается этот график точками с ординатами  $S_1$  – площадь покрытых лесом древостоев и  $S_0$  – лесная площадь. График охватывает промежуток времени

$$\sum_{i=0}^n T_i = U = A + C,$$

равный обороту рубки ( $C$  – период возобновления). Справедливости ради следует отметить, что Н. П. Анучин не выделял в обороте рубки периода возобновления. Таким образом, на рис. 1 изображен более общий случай. Расчетную лесосеку Н. П. Анучин предложил определять следующим образом. Он вычисляет площадь ( $S$ ) под ломаной линией, образованной точками с координатами

$$(S_{n+1}, 0), (S_n, T_n), \dots, (S_2, \sum_{i=2}^n T_i),$$

$$(S_1, \sum_{i=1}^n T_i), (S_0, \sum_{i=0}^n T_i).$$

Далее строится прямоугольник с такой же площадью  $S$  и основанием, равным  $U$ . Высота такого прямоугольника равна  $h = S/U$ . Далее находится середина верхней горизонтальной стороны построенного прямоугольника, которая имеет координаты  $(U/2, h)$ . Линия, соединяющая данную точку с началом координат на графике, приведенном на рисунке, и будет символизировать расчетную лесосеку, предлагаемую академиком Н. П. Анучиным. Годичное лесопользование будет равно тангенсу угла, образованного этой линией и горизонтальной осью.

Таким образом, размер главного пользования можно определить следующим образом:

$$L_{\text{инт}} = \frac{h}{0,5U}, \quad (2)$$

где

$$h = \frac{S}{U}; \quad (3)$$

$$S = \frac{\sum_{i=0}^n (S_i + S_{i+1}) T_i}{2}; \quad (4)$$

$$U = \sum_{i=0}^n T_i. \quad (5)$$

Или, подставив выражения (3)–(4) в формулу (2), получим

$$L_{\text{инт}} = \frac{\sum_{i=0}^n (S_i + S_{i+1}) T_i}{U^2}. \quad (6)$$

Данная лесосека совпадает с лесосекой равномерного пользования в случае нормального леса. В хозяйствах с преобладанием спелых и перестойных лесов она оказывается больше, чем нормальная лесосека, но меньше, чем лесосека по спелости. Если имеет место недостаток спелых лесов, то интегральная лесосека оказывается больше, чем спелостная, но меньше, чем нормальная лесосека. В связи с этим она реже и в меньшей степени приводит к рубке приспевающих древостоев, чем последняя.

На практике чаще всего используются исходные данные, представляющие собой распределение площадей лесов хозяйства по классам возраста. В таких случаях все интервалы

равны между собой и равны величине класса возраста ( $K$ ):

$$T_1 = T_2 = T_3 = \dots = T_{n-1} = K. \quad (7)$$

Не будем накладывать такого ограничения только на последний интервал  $T_n$ , так как оборот рубки не обязательно должен заканчиваться точно на границе класса возраста. Кроме того, для таких исходных данных можно записать

$$S_m = \sum_{i=m}^{n+1} F_i, \quad (8)$$

где  $F_0, F_1, F_2, \dots, F_{n-1}$  – площади не покрытых лесом земель, древостоев первого класса возраста, древостоев второго класса возраста, ..., древостоев  $n-1$  класса возраста;  $F_n$  – площадь древостоев старше чем  $n-1$  класс возраста, но не достигших возраста рубки  $A$ ;  $F_{n+1}$  – площадь древостоев, достигших возраста рубки  $A$ . Учитывая (7) и (8), выражение (6) можно преобразовать следующим образом:

$$\begin{aligned} L_{\text{инт}} = & \frac{1}{U^2} \left( \left( F_0 + 2 \sum_{i=1}^{n+1} F_i \right) T_0 + \right. \\ & + (F_n + 2F_{n+1})T_n + \left. \left( \sum_{i=1}^{n-1} (1 + 2(i-1))F_i \right) + \right. \\ & \left. + 2(n-1)(F_n + F_{n+1})K \right). \quad (9) \end{aligned}$$

Довольно часто считается, что период возобновления равен нулю ( $T_0 = 0$ ). В этом случае формула (9) упрощается и принимает вид

$$\begin{aligned} L_{\text{инт}} = & \frac{1}{U^2} \left( (F_n + 2F_{n+1})T_n + \right. \\ & + \left( \sum_{i=1}^{n-1} (1 + 2(i-1))F_i \right) + \\ & \left. + 2(n-1)(F_n + F_{n+1})K \right). \quad (10) \end{aligned}$$

Если возраст древостоев, поступающих в рубку, попадает на границу между классами возраста, т. е.  $T_n = K$ , формула (9) упрощается еще больше:

$$L_{\text{инт}} = \frac{K}{U^2} \left( \sum_{i=1}^n (1 + 2(i-1))F_i + 2nF_{n+1} \right). \quad (11)$$

Применяя формулы (6), (9), (10) и (11), можно определить интегральную лесосеку для любого оборота рубки, причем для расчетов можно пользоваться распределением площадей не только по одинаковым возрастным интервалам, но и по разным (например, рас-

пределением по группам возраста). Если в формулу (11) мы подставим значения  $K = 20$  и  $n = 5$  и выполним некоторые преобразования, то получим классический вариант формулы для расчета интегральной лесосеки при 20-летних классах возраста и возрасте рубки, соответствующем верхней границе 5-го класса возраста, приведенный в работе академика Н. П. Анучина [1]:

$$\begin{aligned} L_{\text{инт}} = & 0,01(0,2F_1 + 0,6F_2 + F_3 + \\ & + 1,4F_4 + 1,8F_5 + 2F_6). \end{aligned}$$

Использование интегральной лесосеки в течение длительного времени ведет к выравниванию возрастной структуры, что в конечном итоге приводит к тому, что древостои поступают в рубку в возрасте, близком к возрасту рубки  $A$ . Таким образом, если в качестве этого показателя брать возраст целевой спелости (например, возраст технической спелости в лесах второй группы или возраста специальных спелостей для лесов первой группы) или близкий к нему, то это приведет к повышению продуктивности лесов.

**Вычисление интегральной лесосеки с учетом не покрытых лесом площадей на основе информации выдельного банка данных.** Все рассмотренные выше варианты предполагали, что кривая поспевания строится по данным таблицы классов возраста или даже на основании распределения площадей хозсекции по группам возраста. При этом подразумевалось, что распределение площадей внутри классов возраста (групп возраста) равномерное (точки, образующие кривую поспевания, соединялись прямыми линиями). Однако фактическое распределение древостоев по возрасту может быть иным. Рис. 2 хорошо иллюстрирует отклонения кривой поспевания, построенной по материалам выдельного банка данных, от кривой поспевания, построенной по данным таблиц классов возраста.

Таким образом, при расчете интегральной лесосеки по данным таблиц классов возраста площадь под кривой поспевания вычисляется неточно и, следовательно, размер главного пользования лесом также определяется с ошибкой. Этого можно избежать, если в качестве исходных данных использовать материалы выдельного банка данных. Для этого следует определить площади древостоев хозсекции для всех возрастов, начиная от 1 года и до возраста рубки:  $f_1, f_2, \dots, f_A$ . Кроме того, необходимо найти площадь не покрытых лесом земель хозсекции  $f_0$  и площадь древостоев, возраст которых превышает возраст рубки  $f_{A+1}$ .

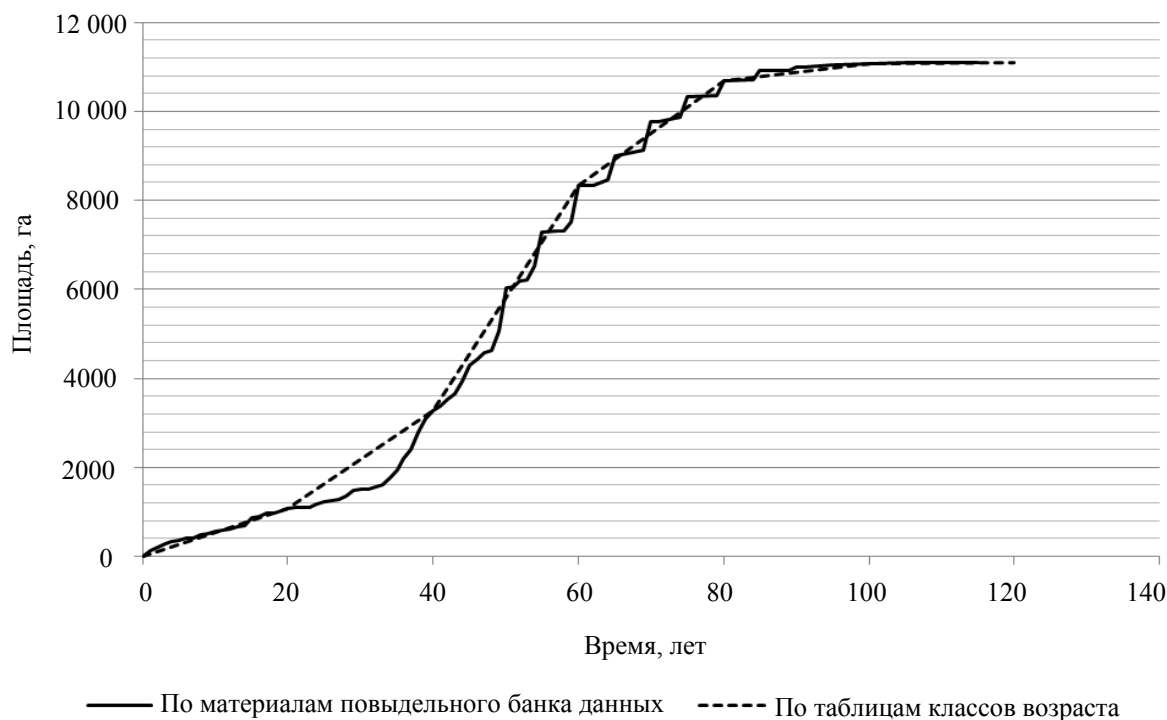


Рис. 2. Графики поспевания насаждений, построенных разными способами

Зная эти величины, можно с их помощью определить площадь под кривой поспевания (рис. 3):

$$S = \frac{\sum_{i=0}^A (s_i + s_{i+1}) t_i}{2}, \quad (12)$$

где

$$s_m = \sum_{j=m}^{A+1} f_j. \quad (13)$$



Рис. 3. График поспевания насаждений, построенный на основании повыведельной информации

Оборот рубки будет равен

$$U = \sum_{i=0}^A t_i = A + C, \quad (14)$$

где  $t_0 = C$  – период возобновления;  $t_1 = t_2 = t_3 = \dots = t_A = 1$  год.

Тогда с учетом (3), (12) и (14) уравнение (2) можно преобразовать к виду

$$L_{\text{инт}} = \frac{h}{0,5U} = \frac{S}{0,5U^2} = \frac{\sum_{i=0}^A (s_i + s_{i+1}) t_i}{U^2}. \quad (15)$$

Воспользовавшись (13), формулу (15) можно представить следующим образом:

$$L_{\text{инт}} = \frac{\sum_{i=0}^A \left( \sum_{j=i}^A f_j + \sum_{j=i+1}^A f_j \right) t_i}{U^2}. \quad (16)$$

Если в точности следовать схеме, предложенной Н. П. Анучиным, а именно не учитывать не покрытые лесом земли и период возобновления, т. е.  $f_0 = 0$  и  $t_0 = C = 0$ , то расчетная формула (16) примет вид

$$L_{\text{инт}} = \frac{\sum_{i=1}^A \left( \sum_{j=i}^A f_j + \sum_{j=i+1}^A f_j \right) t_i}{A^2}, \quad (17)$$

или даже

$$L_{\text{инт}} = \frac{\sum_{i=1}^A \left( \sum_{j=i}^A f_j + \sum_{j=i+1}^A f_j \right)}{A^2}, \quad (18)$$

так как в данном случае все периоды времени равны между собой и составляют 1 год:  $t_1 = t_2 = t_3 = \dots = t_A = 1$  год.

**Заключение.** Полученные в данной работе расчетные формулы позволяют при вычислении интегральной лесосеки Н. А. Анучина более точно определять площадь под кривой поспевания за счет использования всей имеющейся информации о лесном фонде объекта проектирования, содержащейся в повыведельном банке данных. Вычисления можно выполнять как с учетом, так и без учета периода возобновления. Предлагаемые формулы позволяют вычислять интегральную лесосеку для любого возраста рубки.

#### Литература

1. Анучин, Н. П. Интегральный метод определения размера главного пользования лесом / Н. П. Анучин // Лесное хоз-во. – 1968. – № 1. – С. 31–36.

2. Анучин, Н. П. Лесоустройство: учебник для вузов / Н. П. Анучин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Экология, 1991. – 400 с.

3. Методика определения расчетной лесосеки по рубкам главного пользования в лесах государственного значения СССР. – М.: Госкомлес, 1987. – 24 с.

4. Машковский, В. П. Интегральный метод расчета главного пользования при любых оборотах рубки / В. П. Машковский // Труды БГТУ. Сер. I, Лесное хоз-во. – 1998. – Вып. VI. – С. 94–100.

5. Порядок определения, рассмотрения и утверждения расчетной лесосеки по рубкам главного пользования в лесах Республики Беларусь: утв. постановлением Комитета лесного хоз-ва при Совете Министров Респ. Беларусь 13.16.2002, № 9. – Минск, 2002. – 11 с.

6. Правила определения и утверждения расчетной лесосеки по рубкам главного пользования в лесах Республики Беларусь: утв. постановлением М-ва лесного хоз-ва Респ. Беларусь 29.12.2005, № 50. – Минск, 2005. – 10 с.

*Поступила 15.02.2011*