

УДК 634.0.52.001.8

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ УЧЕТА ХОДА РОСТА НАСАЖДЕНИЙ

Г.Д. МАРЧУК

В статье показано, что средний процент изменения запаса адекватно отражает реальный ход роста насаждений и является достаточно информативным показателем для объективного учета лесохозяйственного производства. Приводятся формулы для вычисления значений этого показателя в любом возрасте древостоя для произвольного промежутка времени осреднения. Указывается также, что в реальности значение среднего процента прироста за время существования насаждений сосны в течение столетия не снижается ниже 5% нормы даже для древостоев, произрастающих в худших условиях.

Многофункциональность леса, являющегося одновременно и важнейшим средообразующим фактором, и источником лесных ресурсов, в значительной мере осложняет оценку лесохозяйственного производства. Разделение лесов по целевому назначению и категориям защитности ориентирует каждое хозяйство на получение определенных, вообще говоря, разных результатов, что соответственно требует и разных средств их достижения. Разнообразие хозяйственных условий дополняется многообразием природно-климатических условий, поэтому учет лесохозяйственного производства и выбор критерия его эффективности составляют

нелегкую задачу, без решения которой, однако, невозможна рациональная организация хозяйства.

В решении проблемы установления критерия эффективности лесохозяйственного производства уже сделаны первые шаги, по крайней мере, делаются попытки обосновать приоритеты освоения и воспроизводства ресурсов леса, попытки классификации направлений освоения установления критерия эффективности для каждого из направлений.

Следует заметить, что критерии оценки результатов лесохозяйственного производства будут тем более действенны, чем в большей степени будут сопоставимы между собой разные направления

лесопользования, кстати, тогда и обоснование приоритетов будет более убедительным. Это, как нам представляется, достижимо при использовании объективных показателей хода роста деревьев и насаждений, позволяющих сравнивать их в разные периоды развития и оценивать их состояние не только по конечным целевым результатам, но и по промежуточным результатам лесовыращивания.

Таким универсальным показателем, наиболее полно удовлетворяющим указанным требованиям практически во всех категориях лесов, является процент прироста. Роль процента прироста подчеркивал еще выдающийся специалист в области теории и практики организации лесного хозяйства М.М. Орлов [3]. В книге, изданной еще в 1927 г., он писал, что использование процента прироста как показателя, отражающего энергию роста деревьев и насаждений, есть «...единственный путь объективного учета лесохозяйственного производства при сравнении деревьев и насаждений в разные моменты их жизни, при различных условиях, влияющих на ход их роста» [3, с. 233].

Как объективный показатель, вычисленный на базе данных непосредственных измерений, процент прироста имеет и другие преимущества, например большую устойчивость: изменчивость его характеризуется значительно меньшим коэффициентом вариации, чем изменчивость прироста [1, с.25]. Однако любые преимущества могут быть затусованы или сведены на нет статисти-

ческой обработке. В литературе и на практике при вычислении периодического процента прироста древесины используют модель простых процентов, которая не может адекватно отразить ни естественного процесса лесовыращивания, ни стоимостного его выражения.

В отличие от сельскохозяйственного производства, где выращиваемая продукция убирается в конце вегетационного периода, в лесохозяйственном производстве выращенная в течение года древесная масса (прирост) не изымается из производства, а откладывается в виде годичного слоя на совокупности всех слоев, выращенных в предшествующие годы. Поэтому адекватно аппроксимировать процесс лесовыращивания можно только формулами сложных процентов.

Предложенная нами теоретическая модель леса [2] позволила осуществить такую аппроксимацию и получить простые формулы для вычисления процента изменения запаса. Согласно [2, с.40], запас древостоя $M(A)$, как сумма приростов всех растущих ныне деревьев может быть записан в виде интеграла от прироста их $Z_{MH}(t)$ за все время существования A лет

$$M(A) = \int_0^A Z_{MH}(t) dt \quad (1)$$

В этих обозначениях процент текущего изменения запаса можно выразить как

$$P_{\Delta M} = \frac{Z_{MH}(A)}{M(A)} \quad (2)$$

Сопоставляя эти равенства, можно увидеть, что знаменатель правой части выражения (2) равен интегралу, стоящему в правой части равенства (1), а числитель выражения (2) равен производной

$$P_{\Delta M} = \frac{d \ln M(A)}{dA} 100 \quad P_{\Delta M} dA = 100 d \ln M(A). \quad (3)$$

Интегрируя равенство (3) на отрезке времени $n = A - A_0$ получим

$$\bar{P}(A - A_0) = 100[\ln M(A) - \ln M(A_0)], \quad (4)$$

где через \bar{P} обозначено среднее интегральное значение процента изменения запаса на отрезке $[A_0, A]$:

$$\bar{P} = \frac{1}{A - A_0} \int_0^A P_{\Delta M} dA$$

Следовательно, средний (среднеинтегральный) процент изменения запаса на отрезке $n = A - A_0$ можно вычислить по формуле

$$\bar{P} = \frac{100}{A - A_0} \ln \frac{M(A)}{M(A_0)}. \quad (5)$$

Для вычисления среднего процента изменения запаса в течение всего времени существования древостоя, с момента посадки до возраста A , можно использовать более простую приближенную формулу. Учитывая, что объем посадочного материала на 1 га составляет примерно 1 м^3 , а возраст деревьев при посадке незначительный по сравнению с возрастом древостоя A , можно считать $M(A_0) \approx 1$ и $A - A_0 \approx A$. Тогда приближенно формулу (5) можно записать в более простом виде

$$\bar{P} \approx \frac{100}{A} \ln M(A) \quad (6)$$

по верхнему пределу от этого интеграла. Другими словами, правая часть равенства (2) является производной от натурального логарифма интеграла, т.е. производной от логарифма запаса $M(A)$

Эти формулы можно получить непосредственно из определения процента текущего изменения запаса [1, с. 15], не прибегая к теоретической модели леса. Но для этого следует достаточно строго проанализировать переход от текущего к среднепериодическому проценту изменения запаса.

Действительно, процент текущего изменения запаса за время Δt по определению можно записать в виде

$$P_{\Delta M} = \frac{M_{A+\Delta t} - M_A}{M_A} \frac{100}{\Delta t} = \frac{\Delta M_A}{M_A}. \quad (7)$$

Числитель правой части равенства (7) как приращение запаса за малое время Δt с точностью до малых высшего порядка равен дифференциалу запаса dM_A , а вся правая часть выражения (7) с той же точностью равна дифференциалу натурального логарифма запаса $d \ln M_A$. Суммируя (интегрируя) и вычисляя среднее интегральное значение процента изменения запаса в течение времени $n = A - A_0$ лет, получим выражение (4). Эту методику вычисления среднего процента изменения запаса можно применить и для вычисления

среднего процента других видов прироста (прироста диаметра, высоты и т.п.).

В лесном хозяйстве применяется другая средняя величина, а именно: процент среднего изменения запаса древостоя [1, с.15]

$$P_{\Delta M}^{\text{ср}} = \frac{100}{A}$$

где A возраст древостоя.

Строго говоря, введение этого показателя не может не вызвать недоумения. Авторы, четко представляя себе, что среднее изменение запаса, хотя и несет полезную информацию, связанную с запасом и его изменением, является некоторой абстракцией, не отображающей биологического процесса накопления древесной массы [1, с.16], тем не менее вводят еще и процент среднего изменения запаса — показатель, выражающий только абстрактную временную зависимость гиперболического типа, не связанную ни с запасом, ни с его изменением. Такой показатель лишен лесохозяйственной информации и даже более того может дезинформировать исследователя.

Процент изменения запаса не может не зависеть от плодородия почвы и от того, какая порода деревьев произрастает на этой почве. В монографии М.М. Орлова [3, с.159], правда, показано, что в *возрасте количественной спелости, когда текущий прирост равен среднему приросту*, указанная формула правильно отражает реальность, однако, из этого не следует, что она справедлива для любого возраста древостоя, аналогично тому, что из верного

равенства $2 + 2 = 2 \times 2$ не следует тождества операций сложения и умножения. Именно факт равенства текущего и среднего приростов является существенным при выводе этой формулы. Применение ее для древостоя любого возраста неизбежно приведет к неправомерным выводам.

Средний процент изменения запаса \bar{P} в формулах (5) и (6) принципиально отличается от процента среднего изменения запаса $\bar{P}_{\Delta M}^{\text{ср}}$. Отличается прежде всего тем, что \bar{P} отражает темп течения реального процесса накопления древесины, указывает значение этого *постоянного процента* накопления древесины, который за длительный период может отразить реальное изменение запаса, обеспечиваемое *переменным процентом* изменение запаса в течение этого периода. Другой показатель — процент среднего изменения запаса $P_{\Delta M}^{\text{ср}}$, как было показано, выражает абстрактную зависимость от времени и не отражает процесса лесовыращивания.

Используя известный предел, определяющий число e (основание натуральных логарифмов),

$$\lim_{x \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{1}{x}\right)^x \quad (8)$$

можно аналитически подтвердить сказанное выше, т.е. показать, что формула (5) или ее приближение (6) адекватно отражают темп процесса накопления древесины.

Рассмотрим древостой произвольного возраста A . Выразим процесс изменения запаса при помощи среднего процента изменения запаса (6) по формуле сложных процентов

$$\left(1 + \frac{\bar{P}}{100}\right)^A \approx \left(1 + \frac{\ln M_A}{A}\right)^A = \left[\left(1 + \frac{\ln M_A}{A}\right)^{\frac{A}{\ln M_A}}\right]^{\ln M_A}. \quad (9)$$

Выражение в квадратных скобках с точностью до обозначений (достаточно заменить

$$\frac{\ln M_A}{A} = \frac{1}{x}) \text{ совпадает с общим}$$

членом последовательности (8) для определения числа e . Отсюда следует, что предел этого выражения при $A \rightarrow \infty$ будет равен e и значит выражение, стоящее в квадратных скобках равенства (9), будет отличаться от e тем меньше, чем больше будет возраст A .

Тогда, используя основное логарифмическое тождество, из равенства (9) можно получить

$$\left(1 + \frac{\bar{P}}{100}\right)^A \approx e^{\ln M_A} = M_A. \quad (10)$$

Другими словами, формула (5) и ее приближение (6) действительно позволяют получить значение именно того постоянного процента изменения запаса, который адекватно отражает процесс накопления древесины в течение отрезка времени, для которого он вычислен. На наш взгляд, такой показатель крайне необходим для оценки эффективности ведения хозяйства. Он позволяет сравнивать между собой важнейшие элементы учета лесного хозяйства, позволяет сопоставлять не сравнимые непосредственно величины: *уменьшающийся со временем процент прироста биомассы с постоянным во времени процентом роста капитала, завязанного в данном лесном хозяйстве.*

Чтобы дать представление о

значении среднего процента прироста насаждений разного возраста и его информативности в отношении условий, влияющих на ход их роста, в таблице приведены результаты вычислений этого показателя для общего прироста в основных насаждениях I, III и V классов бонитета (по таблицам А.В. Тюрина) в 20, 40, 60, 80 и 100-летнем возрастах. Для сравнения даны также и значения процента среднего изменения запаса $P_{\Delta M}^{\text{ср}}$.

Средние проценты общего прироста \bar{P} и проценты среднего изменения запаса в древостоях I, III и V бонитетов

Показатель	Бонитет	Возраст. лет ($A_0 = 2$ года)				
		20	40	60	80	100
$\bar{P}, \%$	I	25,3	16,2	11,8	9,2	7,6
	III,	22,0	14,8	10,9	8,6	7,1
	V	16,1	12,5	9,6	7,7	6,4
$P_{\Delta M}^{\text{ср}}, \%$	I, III, V	5,00	2,50	1,67	1,25	1,00

Из таблицы следует, что средний процент прироста \bar{P} является достаточно информативным показателем для учета хода лесохозяйственного производства и действительно может быть использован при «...сравнении насаждений в разные моменты их жизни при различных условиях, влияющих на ход их роста», о чем в свое время писал М.М. Орлов. Вместе с тем процент среднего изменения запаса $P_{\Delta M}^{\text{ср}}$ получается стабильным в каждом из приведенных возрастов вне зависимости от класса бонитета. Другими словами, этот показатель, кроме абстрактной временной зависимос-

ти, действительно не содержит никакой лесохозяйственной информации.

Неожиданным оказалось значение среднего процента прироста в 100-летнем возрасте. Даже в древостоях V бонитета оно было гораздо больше 5%. Только в худших условиях V_a и V_b бонитетов значение этого процента будет незначительно отличаться от 5%. Не исключено, что среднее значение 5%, около которого колеблется величина ссудного процента со времен Адама Смита и Карла Маркса объективно диктуется природными процессами и стихийно регулируется средним процентом одного из важнейших возобновимых ресурсов с исключительным длительным циклом возобновления. Доказательство этой гипотезы будет веским аргументом критерия практики для теории земельной ренты. На наш взгляд, такие сведения позволят теории лесоустройства в будущем навсегда избавиться от понятия «...отрицательной производственной ценности лесной почвы...» [3, сс. 224, 257], которое может возникнуть только при использовании неадекватных реальности методов учета лесного хозяйства.

Следует обратить внимание на один важный факт: при выводе формулы (5) не накладывалось никаких ограничений ни на возраст древостоя A , ни на длительность периода $\Delta A = n$, ни на зависимость между таксационными показателями в этом периоде. Поэтому по формуле (5) можно вычислять адекватные реальности значения среднепериодического прироста в любой стадии раз-

вития насаждений. Из этого следует, что на базе указанной формулы и следующих из нее без дополнительных ограничений формул можно получить удобный инструмент для оценки эффективности ведения лесного хозяйства в насаждениях любого возраста, за любой промежуток времени независимо от того, что представляет собой данный промежуток времени: продолжительность некоторого этапа развития насаждений, продолжительность класса возраста или срок арендного договора. Такая возможность особенно ценна в современных условиях развития новых экономических отношений.

Например, на базе формулы (10) можно получить удобное в приложениях неравенство для сравнения величин, используемых в модели сложных процентов. Можно записать очевидное неравенство

$$K\left(1 + \frac{N}{100}\right)^A \leq CM_A \quad (11)$$

где K — авансированный капитал, N — банковский процент, C — цена 1 м³ древесины, M_A — запас древостоя в возрасте A , \bar{P} — средний процент прироста в возрасте A .

Расшифровывая это неравенство, можно сказать, что инвестиции в лесное хозяйство будут целесообразны тогда, когда цена выращенной за A лет древесины будет не меньше, чем увеличившийся за A лет авансированный капитал K при банковском проценте N .

Подставляя в неравенство (11) значение M_A из формулы (10), получим

$$K\left(1 + \frac{N}{100}\right)^A \leq C\left(1 + \frac{\bar{P}}{100}\right)^A \quad (12)$$

или

$$K \leq C\left(\frac{100 + \bar{P}}{100 + N}\right)^A \quad (13)$$

Прибавив в числителе $+N$ и $-N$ (т.е. прибавив 0), после простых преобразований получим

$$K \leq C\left(1 + \frac{\bar{P} - N}{100 + N}\right)^A \quad (14)$$

Эта изящная формула может значительно упростить вычисления, например, в системе арендных отношений при определении размера рентных платежей и в других ситуациях, когда необходимо сопоставлять процент прироста насаждений и норму роста капитала за длительный промежуток времени.

До сих пор мы вели речь о количественных характеристиках, однако для оценки эффективности лесохозяйственного производства не менее (а иногда и более) важна еще и качественная характеристика — характеристика совокупности качеств, определяющих данную лесохозяйственную продукцию как потребительную стоимость. В дальнейшем будем предполагать, что в каждом из направлений освоения лесных ресурсов или леса как целостного объекта имеется критерий качества, позволяющий сопоставлять все возможные виды лесопользования. Если указанного критерия нет — его, на наш взгляд, следует установить. По-видимому, критерий качества для многих направлений освоения леса можно установить при помощи введения «ка-

чественной цифры», например, аналогично тому, как она вводится для разных родов употребления древесины (по М.М. Орлову [3, с. 175]): «Таким критерием качества может быть ценность и производная от нее цена различных сортов древесины... Цена одной объемной единицы всей древесной массы дерева или насаждений, отнесенная к известному возрасту и определенная как среднее из всех сортиментов, заготавливаемых из данной древесины, называется качественной цифрой. Изменение качественной цифры называется качественным приростом. Соотношение между качественным приростом и качественной цифрой, отнесенное к единице времени и к сотне, выражается процентом качественного прироста».

Так, если в возрасте A качественная цифра для древесины равна Q_1 , а в возрасте $A + \Delta t$ она достигает значения Q_2 , то качественный прирост $Z_q = Q_2 - Q_1$, а процент качественного прироста определится как

$$P_q = \frac{Q_2 - Q_1}{Q_1} \frac{100}{\Delta t} = \frac{\Delta Q}{Q_1} \frac{100}{\Delta t} \quad (15)$$

Из равенства (15), которое полностью аналогично равенству (7), по аналогии легко получить и формулу для вычисления среднего периодического качественного прироста. Действительно, заменяя приращение качественной цифры дифференциалом, можно найти среднеинтегральное значение процента прироста, которое и выразит величину среднего периодического процента качественного прироста:

$$\bar{P}_q = \frac{100}{\Delta A} \ln \frac{Q_2}{Q_1}. \quad (16)$$

Что касается критерия качества при рассмотрении леса как средообразующего фактора, то здесь до сих пор не преодолены многие трудности. В этом случае, по-видимому, нельзя определять качественную цифру по аналогии с тем, как это делается для древесных ресурсов. Еще в начале века М. М. Орлов предупреждал: «Истинным критерием для суждения о лесном хозяйстве должно быть сравнение достигаемых результатов с поставленными целями и выяснением того, насколько в данном хозяйстве пользование согласуется с восстановлением и улучшением основных факторов производства. Обычная квалификация лесных хозяйств по их чистой доходности... может быть не только недостаточной, но прямо-таки ошибочной [3, с.355]. Как показала практика последних десятилетий, ошибки могут быть достаточно серьезными и приводить экосистемы на грань деградации и разрушения.

Роль леса в формировании биоэкосистем и обеспечении их устойчивости неограничено велика и недостаточно изучена. До настоящего времени окончательно не решена даже проблема оценки экологического ущерба от пользования лесом как источником ресурсов. Так что при выборе приоритетов освоения и воспроизводства ресурсов леса следует проявлять осторожность, помня о меркантильности критериев, на базе которых получены формулы для

оценки качественных параметров. Объективный учет хода лесохозяйственного производства может оказать существенную помощь не только при сравнении эффективности лесных хозяйств, но и при определении эколого-экономических приоритетов лесопользования.

Следует остановиться еще на одном вопросе учета лесного хозяйства. Запас древесины до рубки непосредственно не измерим и является характеристикой, вычисляемой на базе значений непосредственно измеряемых таксационных показателей. Чтобы избежать дополнительных погрешностей, связанных с вычислениями при определении запаса, предпочтительней использовать формулы для вычисления процента прироста значения прироста непосредственно измеряемых таксационных показателей, характеризующих ход роста деревьев.

Легко показать, что средний процент прироста по высоте и средний процент прироста по радиусу выражаются формулами аналогичными формулам (5) и (16).

Средний процент прироста дерева по высоте в течение периода $\Delta A = A - A_0$ лет

$$\bar{P}_H = \frac{100}{\Delta A} \ln \frac{H_A}{H_{A_0}}. \quad (17)$$

Средний процент радиального прироста дерева в течение периода ΔA лет

$$P_r = \frac{100}{\Delta A} \ln \frac{r_A}{r_{A_0}}.$$

Могут несколько отличаться некоторые формы записи выражений для вычисления среднего про-

цента прироста площади сечения. Известно, что прирост площади сечения дерева

$$Z_g = \frac{\pi}{4}(D + \Delta D)^2 - \frac{\pi}{4}D^2 = \frac{\pi}{4}(2D\Delta D + \Delta D^2),$$

где для удобства дальнейших записей формул черед D обозначен диаметр дерева. Тогда с точностью до малых высшего порядка равенство для процента прироста площади сечения можно записать следующим образом:

$$P_g = \frac{2\Delta D}{D} \cdot 100 \approx 200d \ln D,$$

а для среднепериодического процента прироста в течение $\Delta A = A - A_0$

$$\bar{P}_g = \frac{200}{\Delta A} \ln \frac{D_A}{D_{A_0}}.$$

Введя коэффициент 2 под знак логарифма, будем иметь

$$\bar{P}_g = \frac{100}{\Delta A} \ln \left(\frac{D_A}{D_{A_0}} \right)^2 = \frac{100}{\Delta A} \ln \frac{g_A}{g_{A_0}},$$

т.е. запись выражения для вычисления среднего процента прироста площади сечения дерева может отличаться по форме записи,

но не по существу.

Эти формулы и зависимости могут также оказать существенную помощь при исследовании хода роста насаждений, например, разных поколений леса в разновозрастных лесах и дать начало новым методологическим подходам к изучению биологических процессов в них. Однако это уже другая, достаточно сложная задача, решение которой требует особого рассмотрения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антанайтис В.В., Загзрев В.В. Прирост леса. М.: Лесн. пром., 1969. — 2. Марчук Г.Д. Теоретическая модель леса. — Лесн. хоз-во, 1990, № 1. — 3. Орлов М.М. Лесоустройство. Т. 1. Л.: Лесн. хоз-во, лесопромышленность и топливо, 1927.

Статья поступила 7 октября 1996 г.

SUMMARY

It is shown in the paper that average percentage of variations in supply adequately reflects the real process of growth in plantings and is a reliable informative indicator for objective account of forestry production. The formulae are produced for calculating the values of this indicator at any age of standing timber for arbitrary time interval of assuming average percentage. It is shown for the first time that in reality the value of average percentage of increment in pine tree plantings during a century did not get lower than 5% of the standard even for standing timbers growing under worst conditions.