Сибирский экологический журнал, 4 (1999) 425–430

УДК 338.581.522

Параметры, влияющие на искусственное лесовозобновление

Р. Г. ХЛЕБОПРОС, И. Н. ЯССИЕВИЧ, Т. Ф. БАСКАНОВА

Институт биофизики СО РАН
660036 Красноярск, Академгородок

АННОТАЦИЯ

В работе рассматривается зависимость политики искусственного лесовосстановления от параметра, характеризующего отношение современного поколения к качеству жизни потомков. Этот параметр назван "мерой эгоизма" ныне живущего поколения. Определены границы изменения параметра, за пределами которых искусственное лесовозобновление становится экономически невыгодным. Кроме того, утверждается, что этот параметр может быть численно определен для любой исторической эпохи и любой хозяйственной системы, если известны соотношения норм прибыли в промышленности и сельском хозяйстве.

ВВЕДЕНИЕ

Человечество живет и развивается за счет преемственности поколений. Условия существования каждого поколения зависят от того, какое наследство достается ему от предшествующих поколений. Это не только накопленные материальные ценности, но, что более важно, природная среда. Степень эксплуатации природной среды напрямую зависит от того, как относится современное поколение к нуждам потомков. Существует некий показатель, выражающий заботу о последующих поколениях. Интересно, что этот, казалось бы, качественный показатель можно оценить. Он был введен Р. Г. Хлебопросом* и назван "мерой эгоизма" ныне живущего поколения по отношению к качеству жизни потомков. Как отмечалось, диапазон его колебаний очень велик – от 0 до $+\infty$. Причем правая граница отвечает случаю крайнего эгоизма, что означает полное игнорирование ныне живущим поколением нужд потомков, а левая показывает, что качество жизни потомков оценивается как свое собственное. В общем случае этот параметр (обозначим его λ) можно определить как $1/\tau^*$, где τ^* – время, на которое "думает вперед" ныне живущее поколение. Тогда случай крайнего эгоизма соответствует $\tau^* = 0$, а противоположный случай – $\tau^* = \infty$. . Практически же этот параметр в явном виде нигде не встречается. Его можно оценить только косвенно, например через хозяйственную, социальную и экологическую политику отдельных людей и целых правительств.

Цель данной работы – показать, как может зависеть экономическая политика лесопользования от параметра λ.

ПАРАМЕТР λ.

Рассмотрим пример, который позволит нам ввести параметр λ. Известно, что сельскохозяйственные угодья при разумном использовании могут служить нескольким поколениям. Допустим, что в некоторой хозяйственной системе за

* Р. Г. Хлебопрос, Социально-экономическая оценка экологических объектов (два предельных случая иерархии характерных времен), Красноярск, 1990 (Препринт института биофизики СО АН СССР, 135 Б).

время τ прибыль с промышленного объекта ρ_1, а с сельскохозяйственного – ρ_2. Причем $\rho_1 > \rho_2$. Зададим это соотношением

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = 1 + \varepsilon,$$

где ε – показатель, характеризующий отношение владельцев земли к нуждам своих потомков, т. е. будет тем больше, чем меньше нынешние владельцы будут эксплуатировать землю. Более того, ε отражает, как общественное сознание настоящего поколения оценивает качество жизни потомков в целом, т. е. для всего ряда поколений от $n = 1$ до $n = \infty$.

Наиболее естественно предположить, что норма прибыли для последующих поколений будет затухать по экспоненциальному закону

$$\rho_1 = \rho_2 + \rho_2 e^{-\lambda} + \ldots + \rho_2 e^{-k\lambda} + \ldots,$$

т. е.

$$\varepsilon = \sum_{n=1}^{\infty} e^{-n\lambda},$$

где n – это номер поколения, а λ – параметр затухания или "мера эгоизма" сегодняшнего поколения.

Путем несложных преобразований легко получить зависимость для параметра λ

$$\lambda = \ln \frac{1 + \varepsilon}{\varepsilon}.$$

При $\varepsilon \to 0$ мы получим предельный случай крайнего эгоизма $\lambda \to \infty$. Это показатель того, что прибыль, получаемая с сельскохозяйственных угодий, приближается к промышленной, т. е. эксплуатация земли максимальна. Если $\varepsilon \to \infty$, то $\lambda \to 0$ и норма прибыли в сельском хозяйстве гораздо ниже, чем в промышленности.

ЦЕНА ЛЕСА И ПАРАМЕТР λ

Возьмем в качестве сельскохозяйственного объекта участок леса. Посмотрим, что происходит с ценой леса в зависимости от параметра λ при искусственном и естественном лесовозобновлении.

Ясно, что посадки леса предпринимаются с целью выиграть время, т. е. получить больший урожай за более короткое время.

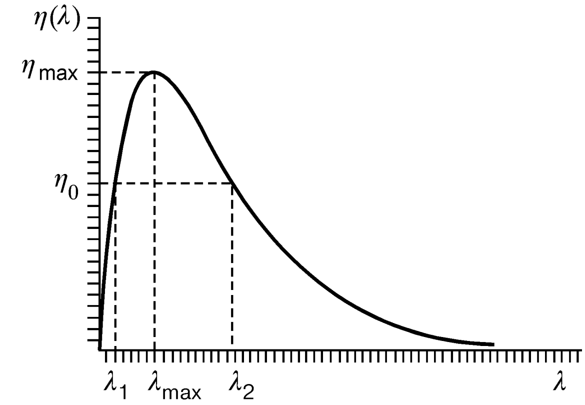

Рис. 1. Зависимость прибавки в цене леса от параметра "эгоизма".

η_{max} – максимальный выигрыш в цене при искусственном лесовозобновлении; η_0 – стоимость посадки леса (на единицу площади) в данной местности; $\lambda_{max} = \frac{1}{\tau} \ln\left(\frac{T}{T - \tau}\right)$.

Пусть T – время естественного лесовозобновления;

$T - \tau$ – время возобновления при посадке;

A – цена леса в данный момент времени;

η – прибавка в цене с учетом выигрыша времени при искусственном лесовозобновлении.

Заметим, что A всегда можно принять за единицу. Предположим, что цена леса изменяется по экспоненциальному закону (цена будущего леса для ныне живущего поколения). Тогда

$$\eta = A\left(\frac{1}{e^{\lambda(T - \tau)}} - \frac{1}{e^{\lambda T}}\right),$$

или при $A = 1$

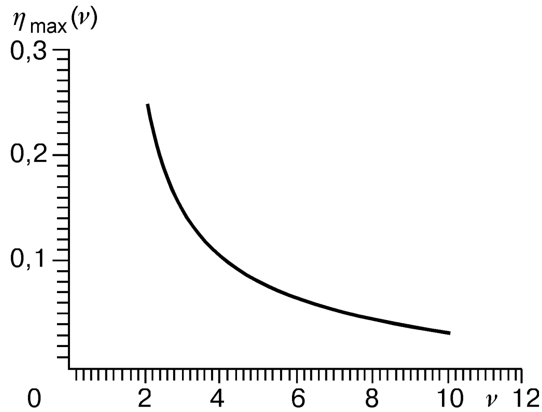

Рис. 2. Зависимость максимального выигрыша в цене леса от показателя $\nu = T/\tau$.

$$\eta = \frac{1}{e^{\lambda(T-\tau)}} - \frac{1}{e^{\lambda T}} = \frac{e^{\lambda\tau} - 1}{e^{\lambda T}}, \qquad (1)$$

где λ – уже упомянутый выше параметр "эгоизма", а τ – выигрыш во времени при искусственном лесовозобновлении. Исследуем эту функцию $\eta(\lambda)$ в зависимости от λ, т. е. посмотрим, как ведет себя прибавка в цене леса при изменении параметра "эгоизма". Легко видеть, что максимальный выигрыш в цене будет при

$$\lambda = \frac{1}{\tau}\ \ln\left(\frac{T}{T-\tau}\right)$$

и

$$\eta_{\max} = \left(\frac{\tau}{T}\right)^{T/\tau}\left(\frac{T}{\tau} - 1\right)^{(T/\tau) - 1}. \qquad (2)$$

График функции $\eta,(\lambda)$ представлен на рис. 1. Величина η_0 задает уровень затрат на лесовосстановительные работы в данной местности.

Исследуя рис. 1, можно сделать интересные выводы. Та хозяйственная система или лесопользователь, параметр которого лежит в пределах от λ_1 до λ_2, будет заниматься искусственным лесовозобновлением, поскольку выигрыш в цене леса η будет превышать затраты η_0 на посадку. Все, у кого этот параметр входит в интервалы $(0, \lambda_1)$ и (λ_2, ∞), скорее всего, откажутся от посадок из-за экономической нецелесообразности. И, возможно, только альтруисты с $\lambda < \lambda_1$ будут сажать леса вопреки своим убыткам.

Введем обозначение $T/\tau = \nu$, тогда уравнение (1) можно переписать в виде

$$\eta_{\max} = \frac{1}{\nu^{\nu}}\ (\nu - 1)^{\nu - 1} = \frac{1}{\nu}\left(1 - \frac{1}{\nu}\right)^{\nu - 1}. \qquad (3)$$

Видно, что максимальная прибавка в цене будет зависеть от показателя ν. Чем больше выигрыш во времени, тем большую цену можно получить от реализации леса. Это хорошо видно на графике (рис. 2), показывающем зависимость $\eta_{\max}$ от ν при T = 100 лет.

Теперь исследуем, как влияет на прибавку в цене леса выигрыш во времени. Пусть τ пробегает значения от 0 до 1. Отвлечемся пока от реальности и посмотрим предельные случаи.

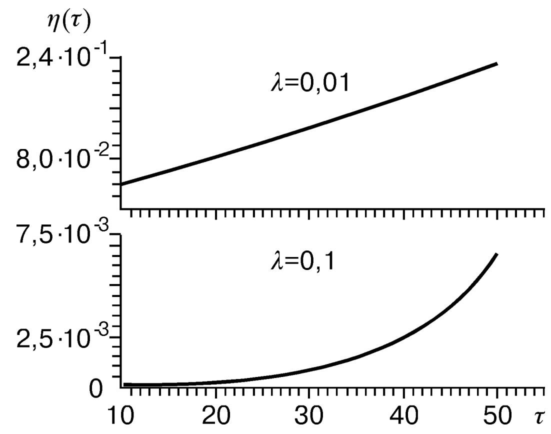

Рис. 3. Зависимость прибавки в цене леса от выигрыша во времени при искусственном лесовозобновлении.

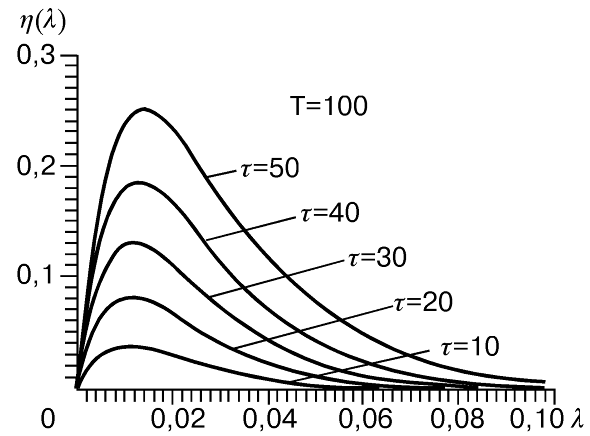

Рис. 4. Зависимость прибавки в цене леса от парамет - ра λ и выигрыша во времени при искусственном лесовозобновлении. Возраст спелости леса 100 лет.

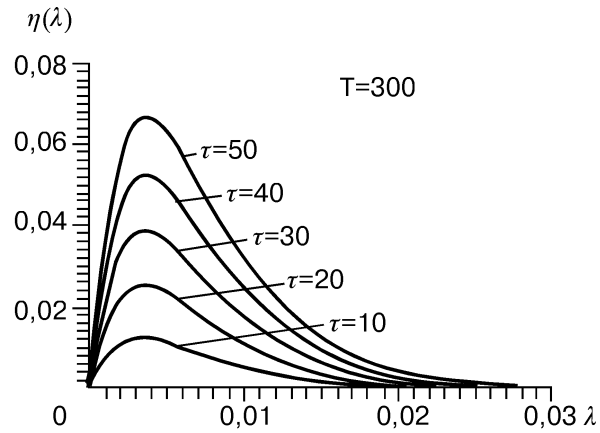

Рис. 5. Зависимость прибавки в цене леса от парамет - ра λ и выигрыша во времени при искусственном лесовозобновлении. Возраст спелости леса 300 лет.

Таблица 1

Зависимость η от τ.

$\lambda = 1$					
τ	10	20	30	40	50
η	$8{,}2 \cdot 10^{-40}$	$1{,}8 \cdot 10^{-35}$	$4{,}0 \cdot 10^{-31}$	$8{,}8 \cdot 10^{-27}$	$1{,}9 \cdot 10^{-22}$
$\lambda = 0{,}1$					
τ	10	20	30	40	50
η	$7{,}8 \cdot 10^{-5}$	$2{,}9 \cdot 10^{-4}$	$8{,}7 \cdot 10^{-4}$	$2{,}4 \cdot 10^{-3}$	$6{,}7 \cdot 10^{-3}$
$\lambda = 0{,}01$					
τ	10	20	30	40	50
η	$3{,}9 \cdot 10^{-2}$	$8{,}1 \cdot 10^{-2}$	$1{,}3 \cdot 10^{-1}$	$1{,}8 \cdot 10^{-1}$	$2{,}4 \cdot 10^{-1}$

Как следует из уравнения (1), при $\tau \to 0$, $\eta \to 0$ в этом случае нет выигрыша в цене, так как лес растет с естественной скоростью.

Если $\tau \to \infty$, то $\lambda \to \infty$ при фиксированном T. Реальное соответствие этому можно найти только в том случае, если посадить лес там, где естественным образом он никогда бы не вырос (например, в пустыне). При $\tau \to T$ из (1) получаем

$$\eta = 1 - \frac{1}{e^{\lambda T}}.$$

Видно, что при фиксированном T, чем больше λ, тем больше выигрыш в цене, а при $\lambda \to \infty$, $\eta \to 1$. Однако на практике такой случай невозможен, поскольку общество не изобрело еще технологии мгновенного получения зрелого леса из семян. Очевидно, нет смысла рассматривать случаи $\tau > T$. Известно, что в реальных условиях лесопользования выигрыш во времени при посадке при самых лучших технологиях составляет примерно 30–50 лет для

Таблица 2

Зависимость η от λ при T = 100 лет

$\tau = 10$					
			max		
λ	0,001	0,01	0,011	0,1	1,0
η	$9{,}1 \cdot 10^{-3}$	$3{,}8 \cdot 10^{-2}$	$4{,}0 \cdot 10^{-2}$	$7{,}8 \cdot 10^{-5}$	$8{,}2 \cdot 10^{-40}$
$\tau = 20$					
			max		
λ	0,001	0,01	0,012	0,1	1,0
η	$1{,}8 \cdot 10^{-2}$	$8{,}1 \cdot 10^{-2}$	$8{,}2 \cdot 10^{-2}$	$2{,}9 \cdot 10^{-4}$	$1{,}8 \cdot 10^{-35}$
$\tau = 30$					
			max		
λ	0,001	0,01	0,0128	0,1	1,0
η	$2{,}8 \cdot 10^{-2}$	$1{,}3 \cdot 10^{-1}$	$1{,}31 \cdot 10^{-1}$	$8{,}7 \cdot 10^{-4}$	$4{,}0 \cdot 10^{-31}$
$\tau = 40$					
			max		
λ	0,001	0,01	0,013	0,1	1,0
η	$3{,}7 \cdot 10^{-2}$	$1{,}8 \cdot 10^{-1}$	$1{,}86 \cdot 10^{-1}$	$2{,}4 \cdot 10^{-4}$	$8{,}8 \cdot 10^{-27}$
$\tau = 50$					
			max		
λ	0,001	0,01	0,014	0,1	1,0
η	$4{,}6 \cdot 10^{-2}$	$2{,}4 \cdot 10^{-1}$	$2{,}5 \cdot 10^{-1}$	$6{,}7 \cdot 10^{-3}$	$1{,}9 \cdot 10^{-22}$

Таблица 3

Зависимость η от λ при T = 300 лет

$\tau = 10$					
			max		
λ	0,001	0,00339	0,01	0,1	1,0
η	$7{,}4 \cdot 10^{-3}$	$1{,}25 \cdot 10^{-2}$	$5{,}2 \cdot 10^{-3}$	$1{,}6 \cdot 10^{-13}$	$1{,}1 \cdot 10^{-126}$
$\tau = 20$					
			max		
λ	0,001	0,00345	0,01	0,1	1,0
η	$1{,}5 \cdot 10^{-2}$	$2{,}54 \cdot 10^{-2}$	$1{,}1 \cdot 10^{-2}$	$1{,}0 \cdot 10^{-13}$	$2{,}5 \cdot 10^{-122}$
$\tau = 30$					
			max		
λ	0,001	0,00351	0,01	0,1	1,0
η	$2{,}3 \cdot 10^{-2}$	$3{,}87 \cdot 10^{-2}$	$1{,}7 \cdot 10^{-2}$	$1{,}8 \cdot 10^{-12}$	$5{,}5 \cdot 10^{-118}$
$\tau = 40$					
			max		
λ	0,001	0,00358	0,01	0,1	1,0
η	$3{,}0 \cdot 10^{-2}$	$5{,}26 \cdot 10^{-2}$	$2{,}5 \cdot 10^{-2}$	$5{,}0 \cdot 10^{-12}$	$1{,}2 \cdot 10^{-113}$
$\tau = 50$					
			max		
λ	0,001	0,00365	0,01	0,1	1,0
η	$3{,}8 \cdot 10^{-2}$	$6{,}7 \cdot 10^{-2}$	$3{,}2 \cdot 10^{-2}$	$1{,}4 \cdot 10^{-11}$	$2{,}7 \cdot 10^{-109}$

ценных пород деревьев , что гораздо меньше их возраста спелости.

Исследуем поведение функции η в зависимости от τ. Сравнительные графики при различных λ и фиксированном T(T = 100 лет) приведены на рис. 3 (уточнение в табл. 1).

Из рис. 3 видно, что выигрыш в цене увеличивается при росте τ и уменьшении λ. Это означает, что ныне живущее поколение будет садить леса только тогда, когда параметр "эгоизма" очень низок, т. е. современное поколение должно думать не меньше чем на 100 лет вперед. Заметим, что при λ = 1 (лесопользователь думает только на год вперед) выигрыш в цене оказывается ничтожно мал. Это хорошо иллюстрирует табл. 1.

Обратимся теперь к исследованию зависимости η от параметра λ. Графики таких зависимостей при различных τ и фиксированном T (T = 100 лет) представлены на рис. 4, а более точные цифры приведены в табл. 2.

Из полученных данных можно заключить, что максимальная прибавка в цене леса заметно меняется в зависимости от выигрыша во времени, в то время как параметр λ не выходит за границы интервала (0,01; 0,014). А для всех $\lambda \geq 1$ выигрыш в цене исчезающе мал.

Любопытно узнать, как поведет себя прибавка в цене леса η, если увеличится время естественного лесовозобновления (возраст спелости леса) T. Возьмем для примера T = 300 (это близко к возрасту спелости кедровых лесов). Из рис. 5 и табл. 3 видно, что максимальный выигрыш в цене упал больше чем на порядок, а параметр λ, соответствующий η_{max}, расположился в интервале (0,00339; 0,00365).

Таким образом, если возраст спелости леса увеличивается, например, в 3 раза, то параметр λ уменьшается соответственно в 3 раза. В общем случае это можно выразить соотношением

$$\lambda T \approx 1.$$

Произведение параметра λ на возраст спелости леса T приблизительно равно единице.

Известно, что наиболее ценные породы деревьев имеют и наибольший возраст спелости. Значит, сажая эти деревья, современное поколение должно думать об их возрасте спелости. Если этого не учитывать, то, вырубая высокоценные породы и не заботясь об их возобновлении, можно привести леса к полной видовой деградации.

ВЫВОДЫ

1. Выявлена связь хозяйственной политики искусственного лесовозобновления от параметра λ, характеризующего отношение ныне живущего поколения к нуждам своих потомков.

Существует такое значение λ, при котором выигрыш в цене при искусственном лесовосстановлении будет наибольшим:

$$\lambda = \frac{1}{\tau} \ln \left(\frac{T}{T - \tau} \right),$$

где T – время естественного лесовозобновления (возраст спелости леса), τ – выигрыш во времени при искусственном лесовозобновлении.

При $\lambda \to 0$ и $\lambda \to \infty$ посадки леса становятся экономически невыгодными.

2. Возраст спелости T и параметр λ связаны соотношением $\lambda T \approx 1$.

3. Параметр λ можно определить для любой исторической эпохи и любой хозяйственной системы, если известны соотношения норм прибыли в промышленности ρ_1 и в сельском хозяйстве ρ_2,

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = 1 + \varepsilon,$$

где ε – показатель отношения владельцев земельных угодий к нуждам своих потомков. При известном ε легко вычислить параметр λ с помощью соотношения

$$\lambda = \ln \frac{1 + \varepsilon}{\varepsilon}.$$

Paramaters Affecting the Artificial Reforestation

R. G. KHLEBOPROS, I. N. YASSIEVICH, T. F. BASKANOVA

Institute of Biophysics, Siberian Branch of the Russian Acad. Sci.

The dependence of the artificial reforestation policy on the parameter that characterizes the attitude of the modern generation to offspring's life quality is considered. This parameter is referred to as "measure of selfishness" of the current generation. The limits of change of the parameter beyond which artificial reforestation becomes unprofitable are determined. Besides it is asserted that this parameter can be numerically defined for any historic epoch and any economic system if the proportions of profit norms in industry and agriculture are known.