

Б.А.Токторалиев, У.Н. Момунов, А. Боронбаев, А.Т. Аттокуров  
Член-корр. НАН КР, д.б.н., профессор, ст.преп.ОшТУ,  
дир. госзаповедник «Кулун-Ата», к.б.н., доцент ОшТУ  
B.A.Toktoraliyev, V.N. Momunov, A. Boronbaev, A.T. Attokurov  
Member-corr.NAS KR, d.b.s., professor, senior teacher OshTU,  
Director state reserve «Kulun-Ata», c.b.s., docent OshTU

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И УЩЕРБА ОТ ЕСТЕСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ И АНТРОПОГЕННОГО ВЛИЯНИЯ

*Для правильной оценки эффективности лесохозяйственных и других мероприятий, как в лесах, так и особо охраняемых массивах, необходимо ведение ежегодного мониторинга.*

*Ключевые слова: экология, антропогенный фактор, биогеоценоз, лес, ущерб, насаждения.*

## ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF ECONOMIC ACTIVITIES AND DAMAGE FROM NATURAL FACTORS AND ANTHROPOGENIC IMPACT

*To properly assess the effectiveness of forest management and other activities, both in forests and specially protected areas, annual monitoring is necessary.*

*Key words: ecology, anthropogenic factor, biogeocoenosis, forest, damage, plantations.*

Главная цель при этом не только определить характер и степень воздействия хозяйственной деятельности на лесную природу и лесной биогеоценоз, но и оценить ущерб причиненный лесам от естественных факторов и антропогенного воздействия.

При оценке хозяйственной деятельности и вышеназванного ущерба необходимо предусмотреть все альтернативные варианты, учитывающие изменения лесных насаждений по породному составу, возрастной структуре, полноте, водоохраным функциям, устойчивости древостоев, потерям плодородия почвы за счет эрозийных процессов и др.

В данном случае все отрицательные или положительные эффекты рассматриваются через призму потери или прибавки прироста по мере ухудшения или улучшения состояния насаждений по сравнению с нормальными.

Отрицательное или положительное влияние хозяйственной деятельности в лесу определяем по формуле:

$$\mathcal{E}_\phi = \frac{M(t)PD(t)H(t)}{M(t_i)PD(t_i)H(t_i)} \geq \leq 1 \quad (1)$$

$\mathcal{E}_\phi$  -положительный или отрицательный эффект от проводимых мероприятий;

$M(t)$ ,  $D(t)$ ,  $H(t)$  -запас, диаметр и высота насаждений в момент исследования;

$M(t_i)$ ,  $D(t_i)$ ,  $H(t_i)$  - запас, диаметр и высота  $i$  - го насаждения в нормальном состоянии при переводе в соответствии с полнотой и возрастом исследуемых насаждений;

$P$  - полнота исследуемых насаждений.

Эффект чем меньше единицы, тем насаждения менее устойчивы.

### Выполнение природоохранных функций – главное условие устойчивости лесов

Охрана природы с давних пор рассматривается теоретиками права в качестве одной из основных и

постоянных функций государства. Как указывают многие исследователи, антропогенные факторы, оказывают масштабное влияние на состояние окружающей среды регионов планеты в целом и лесов в частности. Таким образом, постоянно возникает проблема в определении неблагоприятных территорий нашей страны.

Очевидно, что самое важное для оценки остроты экологических проблем, связанных, к примеру, с состоянием лесов, это разработка общепринятых критериев оценки их экологического состояния.

Закон дает достаточно четкие критерии для определения той или иной зоны. Но задача экологического лесопользования - это заблаговременное предупреждение о грядущей неблагоприятной ситуации. Определение экологического ущерба от нарушения правил лесопользования и отрицательного воздействия на лес, преследует предупредительную цель экологической безопасности.

Вовлечение новых лесных ресурсов в техногенную деятельность в 50-тые годы XX века привело к одному из негативных последствий научно-технической революции - глобальному экологическому кризису во всем мире. Неблагоприятные тенденции его наблюдаются сегодня и в ЦАР, в частности в КР.

По данным Всемирной организации здравоохранения, Кыргызстан занимает 58 место в мире по размерам ущерба и 67 место по количеству пострадавших и погибших от стихийных бедствий.

Таким образом, цель обеспечения экологической безопасности - это не только решение экологических задач, но и повышение социальной защищенности человека, стабильности и устойчивости производственно-хозяйственной деятельности в Республике.

Из изложенного следует важный вывод: проблема обеспечения экологической безопасности должна рассматриваться в единой, целостной системе национальных интересов и целей, а механизм ее обеспечения - рациональное использование природных ресурсов и особенно лесных, при соблюдении правил лесопользования.

Проблема рационального использования лесных ресурсов и определения их экологического состояния затрагивает весь комплекс социально-экономических, политических, культурных отношений и интересы различных производственных коллективов. Сфера экологии в настоящее время стала полем идеологической и политической борьбы.

Обсуждение вопросов охраны лесной среды и борьба мнений вокруг их социальных и экономических аспектов имеют место почти во всех государствах мира.

Для всех народов Земли одной из наиболее актуальных задач является решительное пресечение природоразрушительных форм эксплуатации лесных ресурсов и замена их экологизированными. Сейчас вызывает сильное сомнение утверждение, что экономика может восстановить в полном объеме лесную среду, которую антропогенное воздействие разрушало в течение тысячелетий.

В нашей стране в советское время тоже много писали об экологическом подходе к эксплуатации природных ресурсов, однако результаты были минимальными и часто носили декларативный характер, что в полной мере относится к способам орошения земель в Средней Азии и др.

Перед лицом глобальных экологических проблем времени на обдумывание остается все меньше. Производственная деятельность человека во все времена отрицательно влияла на лесную среду. Из-за этой деятельности многие ценные леса потеряли устойчивость и были утрачены.

### **Определение экологического ущерба лесов от выбросов**

Главный вопрос при исчислении величины ущерба состоит в том, чтобы определить, сколько градаций экологического состояния можно выделить в лесу и как своевременно устранить причины, вызывающие ухудшение экологического состояния от промышленных выбросов.

В лесу при глазомерном определении можно учесть два вида состояния насаждений: нормально-устойчивое и расстроено-распадающееся. Но этого явно недостаточно для принятия правильного решения по устранению возможных причин экологического неблагополучия. Исследования лесов показали, что при периодических наблюдениях за лесными насаждениями можно с определенной долей условности различить 8 экологических состояний.

Четыре первых состояния характеризуют нормальные, устойчивые насаждения, в которых ущерб от антропогенного воздействия невелик, и их можно без особых затрат привести в исходное состояние. Им мы дали следующие названия:

- стабильно устойчивые;
- быстро переходящие в стабильно устойчивые;

- переходящие в стабильно устойчивые со средней скоростью;
- медленно переходящие в стабильно устойчивые.

Четыре последних состояния характеризуют расстроенные насаждения. Они названы нами следующим образом:

- медленно переходящие в нестабильное состояние;
- переходящие в нестабильное состояние со средней скоростью;
- быстро переходящие в нестабильное состояние;
- распавшиеся насаждения.

Чтобы перевести эти насаждения в устойчивое состояние, требуются большие средства и время. Такое разделение на восемь качественных категорий, по нашему мнению, весьма приемлемо для своевременного обнаружения отрицательных экологических процессов антропогенного воздействия.

Критериями оценки границ состояния экосистем служат показатели, которые отражают степень или меру отдаленности одного состояния от другого и позволяют ранжировать степень изменения насаждений по антропогенному воздействию. Эти показатели устанавливаются следующим способом:

Связи устойчивости экологических состояний с характеристиками их изменения, как правило, нелинейные и имеют форму логистической кривой. Описываются эти связи функцией Ричардса:

$$Y(x) = a_1 / (1 + b \exp(-\alpha + \beta x)) + a_0 \quad (2)$$

где  $a_1$  - координаты верхней асимптоты логистической кривой (x-max),

$a_0$  - координаты нижней асимптоты логистической кривой (x-min);

$\alpha, \beta, b$  - коэффициенты, описывающие крутизну логистической кривой.

Этим методом определены границы разных состояний лесных насаждений, которые представлены в таблице 1.

Чтобы определить границы изменения состояния лесных насаждений, вначале нужно установить, что такое нормально-устойчивое состояние насаждений.

Теоретически нормально-устойчивыми лесными насаждениями считаются те насаждения, у которых прирост по фазам роста соответствует приросту для эталонных лесов, произрастающих в данных условиях, по тем же фазам роста, без антропогенного воздействия.

Таблица 1

### Границы экологического состояния насаждений по видам функций леса

| Экологическое состояние                                 | Виды влияния по:           |                         |                   |                   |                    |                    | % уменьшения прироста |
|---|----------------------------|-------------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|
|   | нормально-устойчивому лесу | водоохранительным лесам | потере плодородия | породному составу | устойчивости лесов | полноте насаждения |                       |
| Стабильно устойчивые леса                               | 8.9                        | 9.1                     | 0.01              | 0.47              | 0.95               | 0.9                | 0                     |
| Быстро переходящие в стабильно устойчивые               | 22.3                       | 22.7                    | 0.02              | 0.58              | 0.94               | 0.85               | 2.3                   |
| Переходящие в стабильно устойчивые со средней скоростью | 40.2                       | 40.9                    | 0.06              | 0.73              | 0.89               | 0.8                | 11.6                  |
| Медленно переходящие в стабильно устойчивые             | 86.3                       | 87.9                    | 0.23              | 1.01              | 0.76               | 0.7                | 23.2                  |
| Медленно переходящие в нестабильное состояние           | 151.7                      | 154.6                   | 0.41              | 1.63              | 0.59               | 0.5                | 46.4                  |

|   |       |       |      |      |      |     |      |
|---|-------|-------|------|------|------|-----|------|
| Переходящие в нестабильное состояние со средней скоростью | 260.4 | 265.3 | 0.70 | 2.52 | 0.29 | 0.3 | 69.6 |
|---|-------|-------|------|------|------|-----|------|

Продолжение таблицы 1

|   |       |       |      |      |      |     |      |
|---|-------|-------|------|------|------|-----|------|
| Быстро переходящие в нестабильное состояние | 339.2 | 345.6 | 0.91 | 3.16 | 0.09 | 0.1 | 92.8 |
| Распавшиеся насаждения                      | 369   | 376   | 1.0  | 3.4  | 0    | 0   | 100  |

Это состояние  $V(x)$  при нормально-устойчивом развитии принимается равным единице. Границы уровней экологического состояния в зависимости от антропогенного воздействия будут меняться от единицы до нуля.

Например, нормально-устойчивым хозяйственный лес считается тогда, когда насаждения возрастов от одного года до возраста рубки равномерно распределены по площади хозяйства.

Для насаждений, выполняющих водоохраные и почвозащитные функции, согласно нашим исследованиям, вертикальная возрастная структура по запасу, по поколениям, с учетом динамики фитомассы, транспирации, расхода элементов питания (Na, P, K, Ca) и депонирования углерода (по данным Исаева А.С., Коровина Г.Н., Сухих В.И. и др.) при применении метода параметрического линейного программирования получила следующее распределение: запас молодняков первого класса 2%, второго - 19%, средневозрастных - 39%, припевающих - 21%, спелых и перестойных - 19%. Эти показатели характеризуют разновозрастные насаждения.

Математические модели, описывающие нормальный одновозрастной лес ( $H_{л}$ ), представлены в следующем виде:

$$H_{л} = \frac{100}{F_{M_1}} + \frac{100}{F_{M_2}} + \frac{100}{F_{cp}} + \frac{100}{F_{np}} + \frac{100}{F_{cn}} - 25 = 0 \quad (3)$$

при условии:

$$1) F_{M_1} + F_{M_2} + F_{cp} + F_{np} + F_{cn} = 100\%$$

$$2) F_{M_1}, F_{M_2}, F_{cp}, F_{np}, F_{cn} >= 1\%$$

где  $F_{M_1}, F_{M_2}, F_{cp}, F_{np}, F_{cn}$  - площадь молодняков первого, второго классов возраста, средневозрастных, припевающих и спелых насаждений (в %). Границы ухудшения нормального леса, согласно математической модели, будут меняться от нуля (при равномерном распределении) до 376 единиц (при худшем распределении).

Математическая модель возрастной структуры запасов водоохранно-почвозащитных лесов ( $B_{л}$ ) следующая:

$$B_{л} = \frac{100}{M_1} + \frac{100}{M_2} + \frac{100}{M_{cp}} + \frac{100}{M_{np}} + \frac{100}{M_{cn}} - 32 = 0 \quad (4)$$

при условии:

$$1) M_1 + M_2 + M_{cp} + M_{np} + M_{cn} = 100\%$$

$$2) M_1, M_2, M_{cp}, M_{np}, M_{cn} > 1\%$$

где  $M_1, M_2, M_{cp}, M_{np}, M_{cn}$  - запас молодняков первого, второго классов возраста, средневозрастных, припевающих, спелых и перестойных насаждений.

Согласно ландшафтной экологии, нормально-устойчивыми насаждения считаются тогда, когда в смешанных лесах площадь, занятая хвойными породами, составляет не менее 60%. Нормально-устойчивыми являются также насаждения, имеющие повреждения фито-энтомофагами не более 10% общей площади.

Спелыми насаждениями считаются тогда, когда 80% деревьев имеют возраст выше или равный возрасту рубки. Такой подход применен и при определении границы потери плодородия почвы от эрозионных процессов.

Показатель плодородия почвы определяется по формуле:

$$\Pi_{\text{шт}}=1-\frac{\mathcal{E}_n}{\mathcal{E}_j} \quad (5)$$

где  $\mathcal{E}_n$  - эрозия почвы ( $\text{м}^3/\text{га}$ ) в год;

$\mathcal{E}_j$  - исходное состояние плодородия почвы (плодородный слой,  $\text{м}^3/\text{га}$ ).

Количество вымываемой почвы, по нашим исследованиям, определяется по математической модели:

$$\mathcal{E}_n = \left[ 2,54 + 0,95 \frac{C}{P} + 0,0001 Y^2 S^3 \right] e^{-0,32t} \quad (6)$$

где  $C$  - поверхностный сток ( $\text{мм}/\text{год}$ );

$P$  - полнота исследуемых насаждений (доля единицы);

$Y$  - уклон местности (град.  $< 20$ );

$S$  - площадь выдела ( $\text{га}$ );

$t$  - время, прошедшее от начала эрозии ( $t < 10$ ).

Общеизвестно, что устойчивые биогеоценозы всегда смешанные ( $I_n$ ), оптимальное соотношение такого смешения составляет 0,4.

$$I_n = \frac{P_m}{P_{об}} = 0,4 \quad (7)$$

Область изменения:  $0,4 < I_n < 3,4$

где  $P_m$  - наличие лиственных пород, в молодняках первого и второго класса возраста (%);

$P_{об}$  - наличие лиственных пород, по всей площади хозяйства (%).

Потери прироста от снижения полноты определяются по формуле:

$$Y = 104,4 - 116e^{-\ln P} \quad (8)$$

где  $Y$  - процент потери прироста от снижения полноты;  $P$  - полнота насаждений.

На основе определения границ стабильности, степени их изменения под влиянием антропогенных факторов и теоретических основ этого влияния выявлено, что экологическое состояние лесных насаждений находится в зависимости от антропогенного воздействия (табл. 1).

Особенно важно уменьшение текущего прироста по запасу, в % по каждому состоянию. Эта величина используется при определении экологического ущерба по формуле 23.

Границы экологического состояния лесных насаждений в относительных единицах по отдельным видам антропогенного воздействия и проценты потери прироста по каждому экологическому состоянию показаны ниже.

Основными нормативными документами, регламентирующими, решение этих задач являются Санитарные правила в лесах КР. По этим правилам насаждениями I категории считаются древостой без признаков ослабления, когда хвоя и листва зеленая, блестящая, крона густая, прирост последнего года для данной породы и возраста нормальный. Ко II категории относятся ослабленные насаждения, имеющие хвою и листву светлее обычного, крону слабо ажурную, прирост последнего года, уменьшенный более чем наполовину по сравнению с подобными насаждениями без признаков ослабления, и дефоляцию 11-20%. К III категории относятся насаждения сильно ослабленные, в таких насаждениях хвоя и листва светло-зеленая или серовато-матовая, крона ажурная, прирост текущего года уменьшен более чем наполовину по сравнению с нормальным, наблюдается местное отмирание ствола, дефоляция - 30-50%, а дехромация - 10%. Насаждения IV категории - усыхающие деревья, хвоя и листва у них желтоватая или желто-зеленая, крона заметно изрежена, прирост текущего года едва заметен или отсутствует, возможна сухокрещенность или суховершинность, дефоляция - 60-70 %, дехромация - 20-25%. К V категории относятся сухие деревья текущего года, у них хвоя, листва - серая, желтая или бурая, веточки еще сохраняются, кора изрежена, но сохранена или осыпалась лишь частично, дефоляция - 80-100%, дехромация - 60-70%. К VI категории относятся сухие деревья прошлых лет, у них хвоя и листва осыпались, веточки обломились, большая часть ветвей и кора осыпались, дефоляция - 100% и дехромация - 100%.

Для выявления категории санитарного состояния закладывают пробные площади: на каждой из них должно быть не менее 100 деревьев основного полога. При перечеде оценивают все деревья по санитарному состоянию и находят среднюю поврежденность насаждений. На основе многолетних исследований нами рассчитан средний

процент повреждения деревьев для всех категорий санитарного состояния (табл.2).

Для определения среднего повреждения деревьев на пробной площади определяем среднегармоническую величину повреждения каждого дерева с учетом процента повреждения каждой его части по формуле:

$$P_j = \frac{N_i}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{P_{ij}}}, \% \quad (9)$$

где  $P_j$  - средняя гармоническая величина  $j$ -ой части дерева;

$P_{ij}$  - фактический процент повреждения  $j$ -ой части дерева  $i$ -ой породы;

$N_i$  - число учетных деревьев  $i$ -ой породы.

После этого определяем среднее количество поврежденных деревьев на пробной площади по формуле:

$$R_j = \frac{\sum_{j=1}^n P_{ij}}{N_i}, \% \quad (10)$$

$R_j$  - средняя арифметическая величина повреждения на пробную площадь,

$P_{ij}$  - среднегармоническая величина  $j$ -ой части дерева  $j$ -ой породы;

$n$  - число частей дерева;

$N_i$  - число учетных деревьев;

Таблица 2

**Процент повреждения деревьев в зависимости от категории санитарного состояния**

| Категория санитарного состояния | % повреж-дения хвой, листвы | % повреж-дения кроны | % повреж-дения почек | % повреж-дени я коры | % уменьшения прироста последнего года |
|---------------------------------|-----------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------------------------|
| I                               | 3                           | 2                    | 1                    | 0                    | 1                                     |
| II                              | 30                          | 20                   | 20                   | 10                   | 20                                    |
| III                             | 60                          | 50                   | 50                   | 30                   | 50                                    |
| IV                              | 80                          | 70                   | 70                   | 50                   | 70                                    |
| V                               | 100                         | 95                   | 90                   | 80                   | 90                                    |
| VI                              | 100                         | 100                  | 100                  | 100                  | 100                                   |

Средняя арифметическая величина процента поврежденных деревьев на пробной площади  $R$  служит исходной информацией для определения экологической категории и установления процента потери прироста на пробе. Эта величина необходима для установления экологического ущерба (табл. 3).

Сумму экологического ущерба от техногенного воздействия в натуральном и стоимостном выражении, по разным направлениям экономических потерь, можно представить в виде следующего математического выражения:

$$\mathcal{E}_n = \sum_{j=1}^n Y_j \quad (11)$$

где  $j = 1, 2, 3, \dots, n$  - вид ущерба, из них:

$Y_1$  - ущерб от снижения продуктивности лесов (потери прироста), м<sup>3</sup>/га;

$Y_2$  - ущерб, связанный с дополнительными затратами на проведение санитарных рубок и уборку захламленности, сом/га;

$Y_3$  - ущерб от снижения запасов побочного пользования, сом/га;

$Y_4$  - ущерб от снижения противоэрозийной функции леса, сом/га;

$Y_5$  - ущерб, связанный с расходами на восстановление деградированных насаждений, сом/га.

Ущерб от снижения продуктивности лесов  $Y_1$  определяется как разность между запасом на 1 га, который должен бы быть в исследуемых насаждениях, с фактическим запасом. Эта потеря рассчитывается по формуле:

$$Y_i = (M_a - M_{fi}) S_x C_{i1}, \text{ сом}, \quad (12)$$

где  $M_a$  - запас на 1 га исследуемых насаждений в естественных условиях по той породе, м /га;

$M_{fi}$  - фактический запас  $i$ -той породы ( $\text{м}^3/\text{га}$ );

$S_x$  - площадь исследуемого насаждения, га;

$C_{i1}$  - минимальные ставки лесных податей за  $1 \text{ м}^3$  насаждений по  $i$ -той породе.

Таблица 3

### Определение экологической категории и процент уменьшения прироста по запасу

| № пп | Экологическое состояние                                   | % повреждения насаждений | % уменьшения прироста |
|------|---|--------------------------|-----------------------|
| 1    | Стабильно устойчивые                                      | 4                        | 0                     |
| 2    | Быстро переходящие в стабильно устойчивые                 | 20                       | 2.3                   |
| 3    | Переходящие в стабильно устойчивые со средней скоростью   | 43                       | 11.6                  |
| 4    | Медленно переходящие в стабильно устойчивые               | 47                       | 23.2                  |
| 5    | Медленно переходящие в нестабильное состояние             | 53                       | 46.4                  |
| 6    | Переходящие в нестабильное состояние со средней скоростью | 60                       | 69.6                  |
| 7    | Быстро переходящие в нестабильное состояние               | 67                       | 92.8                  |
| 8    | Распавшиеся насаждения                                    | 90                       | 100                   |

Запас насаждений должен определяться по эталонным насаждениям или на базе местных таблиц хода роста. В случае отсутствия таких данных запас насаждений без антропогенного воздействия можно определить на базе модельных деревьев, которые росли задолго до антропогенного влияния. Величины, прогнозируемые по данным модельного дерева, росшего до воздействия антропогенных факторов, определяются по математической модели, выведенной нами на базе относительных величин – показателей хода роста:

$$T_{pi} = \frac{T_{oi} / Y_i(t)}{Y_i(t_0)} K_{ni}(t) \quad (13)$$

где  $T_{pi}$  - прогнозные величины  $i$ -того таксационного показателя;

$T_{oi}$  - величины фактического  $i$ -того таксационного показателя до воздействия антропогенных факторов; индекс  $i$ -того таксационного показателя в базовом году (в году наблюдения) без влияния антропогенных факторов

$Y_{i(t)}$  - индекс  $i$ -того таксационного показателя в  $i$  - прогнозируемом году;

$K_{ni(t)}$  - поправочный коэффициент  $i$ -того таксационного показателя, зависящий от полноты насаждения и возраста модельного дерева.

Индекс таксационных показателей определяется по формуле:

$$Y_i(t) = (Ae^{aln(t) \pm B}) \quad (14)$$

где:  $A$  - коэффициент, учитывающий породный состав и таксационные показатели; он может быть описан семейством кривых, убывающих с увеличением возраста;

$B$  - поправочный коэффициент, изменяющийся по периодам роста;

- коэффициент, характеризующий условия произрастания, вид древесной породы и световой режим.

Коэффициент  $A$ , изотропен относительно таксационных показателей до возраста 65 лет для лиственных пород и до возраста 130 лет - для хвойных.

Для понимания значения индексов роста укажем, что это есть величина соотношения прироста по высоте и диаметру для любого года к высоте и диаметру дерева в 100-летнем возрасте, что, по нашим наблюдениям и

указаниям Тюрина А.В., является постоянной величиной для каждого бонитета.

Поправочный коэффициент  $K_{ni}(t)$  по  $i$ -той породе в зависимости от полноты и возраста определяется по формуле:

$$K_{ni}(t) = \left[ 0,2722 + \frac{68,7837}{t} - \left( \frac{68,7837}{t} - 0,7278 \right) P \right] P \quad (15)$$

где  $P$  - фактическая полнота насаждений (доли единицы);  
 $t$  - возраст насаждений.

Область применения модели для хвойных насаждений при  $1 < t < 90$ , а для лиственных - при  $1 < t > 45$ .

После указанных возрастов поправочный коэффициент принимается равным 1, так как исчезает влияние полноты на таксационные показатели.

Ущерб, связанный с дополнительными затратами на проведение санитарных рубок и уборку захламленности ( $Y_2$ ), определяется как разница между суммарными затратами на проведение санитарных рубок (при наличии сухостоя) в насаждениях, где наблюдается влияние антропогенных факторов, и суммарными затратами на проведение санитарных рубок при естественном изреживании. Ущерб рассчитывается по формуле:

$$Y_2 = \sum_{i=1}^n Z_{\phi} (M_{\phi i} - M_{ni}) * S, \text{ сом} \quad (16)$$

где  $Z_{\phi}$  - фактические эксплуатационные затраты на 1 м<sup>3</sup> при проведении санитарных рубок, сом/га;

$M_{\phi i}$  - вырубленный фактический запас при санитарных рубках по  $i$ -той породе, м<sup>3</sup>/га;

$M_{ni}$  - нормируемый запас по  $i$ -той породе, который необходимо вырубить при санитарных рубках при естественном отпаде, м<sup>3</sup>/га;

$S$  - площадь, га.

Динамика нормируемого запаса по  $i$ -той породе определяется как норма естественного изреживания по формуле:

$$M_{ni} = [N_{(t-1)} - N_{(t)}] V \quad (17)$$

где  $V$  - объем 1 дерева (м<sup>3</sup>);

$N_{(t)}$  - число деревьев на 1 га (штук), определяемое по формуле:

$$N_{(t)} = M_0 e^{(b+ck)t} P \quad (18)$$

где  $b$  - коэффициент изреживания насаждений по периодам роста;

$c$  - поправочный коэффициент, по периодам изреживания;

$t$  - возраст насаждения;

$k$  - поправочный коэффициент, изменяющийся по периодам роста;

Первоначальное число деревьев определяется по формуле:

$$N_0 = \quad (19)$$

где  $N_1$  - число деревьев при полноте 1,0 по таблицам хода роста.

### Определение экологического ущерба от рекреационных нагрузок

В вопросах удовлетворения рекреационных потребностей населения особое положение занимает лес, поскольку ни в какой другой форме ландшафта не содержится столько предпосылок для создания специфической среды, стимулирующей отдых и укрепляющей здоровье.



Особое значение приобретает сегодня проблема охраны ландшафтов, находящихся вблизи городов и населенных пунктов, где рекреационные нагрузки очень велики, и, если своевременно не будут регулироваться потоки рекреантов, такие ландшафты могут разрушаться и гибнуть. В этой связи возникает проблема оптимизации рекреационных нагрузок на рекреационные ландшафты.

Определение силы влияния антропогенного воздействия на лесную среду требует, в первую очередь, разработки нормативов устойчивости лесов, т.е. нормативов изменения состояния лесной среды, где осцилляция около центрального положения не выходила бы за пределы допустимого состояния. Экологические нормативы должны быть определены таким образом, чтобы экосистема внутри этих границ находилась в соответствии с заданными параметрами.

Разработке нормативов рекреационной нагрузки на природные комплексы посвящено достаточно много литературы у нас и за рубежом. Но поскольку натурные исследования пока проводятся от случая к случаю, то многие нормативы основываются не на массовом материале, а либо на данных единичных наблюдений, либо рассчитываются на основе экстраполяции разрозненных сведений.

Рекреационная нагрузка, рассматриваемая в нашем случае, - это степень непосредственного влияния людей (посетителей) на конкретный ландшафт, выраженная их количеством на единице площади в определенный промежуток времени. Различают нагрузки оптимальные и деструкционные (гибельные), которые определяются степенью воздействия на экосистему: от слабой, не приводящей к существенным изменениям ландшафта, до фазы катастрофы, в период которой экосистема окончательно разрушается.

Деструкционная (гибельная) нагрузка для различных ландшафтов не одинакова: наиболее чувствительны к ней сосняки, в два раза устойчивее - ельники черничные, в четыре раза - березовые насаждения. Так, например, польский исследователь (Kostrowicki A.) установил, что предельная недельная посещаемость для сухого бора составляет 46 человек на 1 га, для свежего бора 50-90, для свежего луга 124-196. Допустимая нагрузка Костровицким А. определяется как максимальное количество людей, которые, двигаясь без перерыва в течение 8 часов на 1 га данного ландшафта, приводят травяной покров к началу деградации. Нашими исследованиями в данное определение вносим дополнение, отмечая, что допустимым видом деградации можно считать такую, при которой на всей вытаптываемой площади в 3 м<sup>2</sup> наблюдается хотя бы один участок площадью 1 дм<sup>2</sup>, где травяной покров разрушен полностью. Вместе с тем на степень нагрузки влияет и рельеф местности. Ландшафты, где угол наклона рельефа более 12% должны быть исключены из рекреационного пользования. Механические свойства грунтов также влияют на величину допустимой нагрузки. Например, на песках влияние рекреантов более разрушительно, чем на суглинках.

Устойчивостью природного территориального комплекса называется его способность противостоять рекреационным нагрузкам до известного предела, за которым происходит потеря его способности к самовосстановлению.

В основе многих исследований лежит положение о стадиях «рекреационной дигрессии» выделяют 5 стадий:

I. Деятельность человека не внесла в лесной комплекс никаких заметных изменений.

II. Рекреационное воздействие человека выражается в устойчивости редкой сети тропинок, в появлении среди травянистых растений некоторых светолюбивых видов, в начальной фазе разрушения подстилки.

III. Тропиночная сеть сравнительно густа, в травянистом покрове преобладают светолюбивые виды, начинают появляться и луговые травы, мощность подстилки уменьшается, на внутритропиночных участках возобновление леса все еще удовлетворительно.

IV. Тропинки густой сетью опутывают лес, в составе травянистого покрова собственно лесных видов мало, жизнеспособного прироста (до 5-7 лет) фактически нет, подстилка встречается лишь фрагментарно у стволов деревьев.

V. Полное отсутствие подлеска и подроста, отдельные экземпляры на вытоптанной площади - сорные и однолетние виды трав.

Граница устойчивости природного комплекса, т.е. предел, после которого наступают необратимые изменения, проходит между III и IV стадиями дигрессии. Соответственно, за предельно допустимую, принимается та нагрузка, которая соответствует III стадии дигрессии. Необратимые изменения в природном комплексе начинаются на IV стадии, а угроза гибели лесных насаждений появляется на V стадии дигрессии.

Для определения предельно допустимых нагрузок нами проводились натурные обследования на 20 пробных площадях, заложенные в орехоплодовых лесах в Арстанбапе, результаты обследований приведены в табл. 4.

Из таблицы 4 видно, что потеря прироста напрямую зависит от степени минерализации напочвенного покрова, которая, в свою очередь, определяет стадию дигрессии и плотность почвы. Все эти факторы вместе взятые являются производными от степени рекреационной нагрузки, т.е. от числа рекреантов на единицу площади в конкретный период времени.

Таблица 4

**Показатели рекреационной нагрузки в лесных насаждениях по 20 пробным площадям**

| № пробной площади | деминерализации | Стадия дигрессии | Уплотнение почвы по категориям кг/см |                 |                           | % потери прироста |
|-------------------|-----------------|------------------|--------------------------------------|-----------------|---------------------------|-------------------|
|                   |                 |                  | Тропиночная сеть                     | Площадки отдыха | Под пологом (контрольная) |                   |
| 1                 | 12.40           | IV               | 6.00                                 | 5.00            | 3.60                      | 9.60              |
| 2                 | 6.00            | III              | 7.00                                 | -               | 3.70                      | 4.00              |
| 3                 | 3.60            | II               | 8.16                                 | -               | 3.10                      | 2.40              |
| 4                 | 1.20            | II               | 3.00                                 | -               | 2.30                      | 1.20              |
| 5                 | 0.30            | I                | 2.40                                 | 3.60            | 1.80                      | 0.80              |
| 6                 | 2.10            | II               | 3.36                                 | 4.80            | 2.45                      | 1.60              |
| 7                 | 10.70           | IV               | 4.55                                 | 4.77            | 2.37                      | 8.00              |
| 8                 | 0.57            | I                | 2.50                                 | -               | 1.74                      | 0.90              |
| 9                 | 0               | I                | -                                    | -               | 1.82                      | 0                 |
| 10                | 0.60            | I                | 2.66                                 | -               | 1.60                      | 0.91              |
| 11                | 3.46            | II               | 3.26                                 | -               | 1.90                      | 2.35              |
| 12                | 4.42            | II               | 4.10                                 | 4.20            | 2.32                      | 3.20              |
| 13                | 2.00            | II               | 6.80                                 | 7.00            | 1.67                      | 2.00              |
| 14                | 1.62            | II               | 4.66                                 | -               | 2.20                      | 1.62              |
| 15                | 1.28            | II               | 4.20                                 | 3.95            | 2.10                      | 1.28              |
| 16                | 0.85            | I                | 3.24                                 | -               | 1.80                      | 0.85              |
| 17                | 1.28            | II               | 2.95                                 | -               | 1.80                      | 1.28              |
| 18                | 2.44            | II               | 2.80                                 | 4.60            | 2.25                      | 2.50              |
| 19                | 1.20            | II               | 5.26                                 | 5.80            | 1.74                      | 1.20              |
| 20                | 0.96            | I                | 2.00                                 | -               | 1.71                      | 0.96              |

Закономерность потери прироста в зависимости от рекреационной нагрузки наилучшим образом аппроксимируется экономико-статистическими моделями, которые изучают не способы достижения системой определенного состояния, а процессы ее функционирования. Экономико-статистические модели, как и всякие другие модели, представляют собой упрощенное подобие изучаемого процесса. Формально экономико-статистические модели представляют собой ту или иную систему управлений, связывающую воедино показатели, характеризующие наиболее существенные, с точки зрения цели исследования, свойства процесса. Выбор же этих свойств и разработка логической схемы связи между ними осуществляются неформальным путем. Недопустимость подмены функциональных связей корреляционными доказывается математически.

Модель регрессионного анализа призвана описать объективно существующие связи между факторами регрессионной нагрузки и потерей прироста. В одном случае моделируемый показатель может измениться линейно, в другом - параболически, а в третьем - логарифмически. Проследить все эти взаимосвязи и установить точный функциональный вид помогает дисперсионный анализ. Такой подход к выбору типа функций, несомненно, таит в себе известную условность, ибо предполагает одинаковый характер связи со всеми переменными. Но в то же время использование слишком сложных нелинейных функций неизбежно ведет к

увеличению количества параметров, снижает точность количественных характеристик связи и усложняет их интерпретации.

Процедура оценки параметров регрессионной модели основана на методе наименьших квадратов. Поскольку алгоритмы наименьших квадратов достаточно подробно описаны в литературе, приведем лишь результаты обследования рекреационной нагрузки и потери прироста -  $Y$  в связи с минерализацией почвы и числом рекреантов, воздействующих на минерализацию.

Уравнение имеет вид:

$$Y = 0,335 + 0,021X_1 + 0,033XX_2 + 0,024X_1^2 + 0,0001X_2^2 \quad (20)$$

Где  $Y$  - потеря прироста, %;

$X_1$  - минерализация напочвенного покрова, %;

$X_2$  - число рекреантов на 1 га в год.

Коэффициент множественной корреляции равен 0.999,  $K$  - квадрат - 998, нормированный  $R$  - 0.997, стандартная ошибка - 0.119, что означает достоверность результатов уравнения. Зная воздействие дигрессии на состояние насаждений, можно установить допустимое число рекреантов. С другой стороны, стадия дигрессии напрямую связана с процентом минерализации напочвенного покрова, таким образом, число рекреантов ( $Ч_p$ ) можно определить в зависимости от процента минерализации напочвенного покрова по следующему уравнению:

$$Ч_p = 24,37 + 12,29X_1 - 0,35X_1^2, \quad (21)$$

где коэффициент регрессии равен 0.993;  $K$ -квадрат - 0.987; нормированный  $F$  - 0.986; стандартная ошибка - 0.390.

В случае, если удастся легко определить число рекреантов, процент минерализации можно установить следующим уравнением:

$$M_n = -0,64 + 0,02x_2 + 0,0007x_2^2, \quad (22)$$

где коэффициент регрессии равен 0.983;  $K$ -квадрат - 0.966; нормированный  $P$  - 0.963; стандартная ошибка - 5.407.

Приведенные уравнения позволяют установить потерю прироста и по формуле 30 определить экологический ущерб.

После анализа экологического ущерба по каждому способу и каждой породе была получена интегральная формула определения экологического ущерба в рублях для любых насаждений: чистых или смешанных, одновозрастных или разновозрастных, мо-лодняков, средневозрастных, припевающих, спелых или перестойных, где хозяйственная деятельность или антропогенное воздействие привели к потере прироста, в следующем виде:

$$\mathcal{E}_y = \left[ Z_m \left( \sin P \frac{t_{zmi}(\min)}{t_{zmi}} \cdot \frac{R_{ci}}{10} \cdot K_{B_{1,2}} \Pi \right) \right] \cdot S \cdot 1,02^t \quad (23)$$

где  $Z_m$  - запас нормальных насаждений  $i$ -той породы без антропогенного воздействия ( $m^3/га$ );

$P$  - процент потери прироста от антропогенного воздействия в исследуемом объекте (%);

$t_{zn}(\min)$  - возраст количественной спелости по запасу  $i$ -породы наивысшего бонитета (лет);

$t_{zmi}$  - возраст количественной спелости по запасу  $i$ -породы по фактическому бонитету (лет);

$K_{B_{1,2}}$  - коэффициент корректировки затрат антропогенного воздействия в зависимости от возраста насаждений (1 - первая половина возраста распада; 2 - вторая половина возраста распада);

$\Pi$  - полнота насаждений;

1,02 - коэффициент приведения;

$t$  - время антропогенного влияния на насаждения (лет);

$S$  - площадь исследуемых насаждений, га;

$K_{B1,2} = 7t_{zn}$ . Данный коэффициент характеризует возраст естественной спелости и начало полного распада насаждений (лет), отдельно  $K_{B1}$ , и  $K_{B2}$  определяются следующим образом:

$$K_{B_1} = \frac{1}{3.5t_{zn}} t_{\phi} \quad (24)$$

$$K_{B_2} = \left( 2 - \frac{1}{3.5t_{zn}} \right) t_{\phi} \quad (25)$$

где  $K_{B1}$  - коэффициент увеличения влияния антропогенных факторов на состояние лесных насаждений;

$K_{B2}$  - коэффициент уменьшения влияния антропогенных факторов и увеличения влияния возраста на состояние насаждений;

$t_{\phi}$  - возраст насаждений (лет).

### **Оценка естественного и антропогенного ущерба в особо охраняемых лесах и лесах национальных парков**

Ущерб биоценозов национальных парков и особо охраняемых территорий может возникать как от естественных, так и от антропогенных факторов. Независимо от каких факторов он произошел, выявляется в усложненном виде. Поэтому причины факторов ущерба, необходимо четко разграничивать, так как от них зависит источник возмещения.

Ущерб от естественных факторов, таких как засуха, морозы, зимние, весенние и осенние заморозки, снеговал, ветровал, бурелом, вымокание лесных культур, вспышка и повреждение массовыми вредителями, повреждение грибными заболеваниями, наводнение, ветровал и водная эрозия лесных насаждений, снижение прироста от постоянного действия ветра, возгорание во время грозы определяется потерями в древесине и затратами на их восстановление с учетом фактора времени. При наводнении или затоплении ущерб устанавливается по цене потери земли и древесины. При водной и ветровой эрозии ущерб определяется по количеству вымываемой почвы; в данном случае наблюдается снижение кадастровой цены почвы и бонитета растений.

Ущерб антропогенного воздействия делится на две категории: ущерб от выбросов токсичных элементов фабрик, заводов, других промышленных предприятий и автотранспорта и ущерб, нанесенный отдельным человеком или группой людей.

Ущерб, наносимый непосредственно человеком или группой людей, определяется по восстановительной стоимости: с каждого нарушителя берется штраф в тройном размере от величины нанесенных повреждений (в стоимостном выражении). Ущерб может иметь прямой и косвенный характер.

К ущербу, носящему прямой характер, относят частичное или полное уничтожение всех компонентов зеленых насаждений или отдельных их частей; определяется в процентах от общего количества поврежденных деревьев, кустарников, газона, лесной подстилки, почв и т.п.

Косвенный ущерб определяется ухудшением условий мест произрастаний лесных насаждений и условий обитания животных.

Концепция устойчивого управления горными лесами имеет свои особенности. Это обусловлено тем, что наши леса являются возобновляемыми природными ресурсами, что существенно отличает их по принципам управления от невозобновляемых ресурсов. Для обеспечения управления лесами должны применяться специфические подходы как к учету, так и к контролю состояния лесных ресурсов, чтобы они могли служить не только нынешним, но и будущим поколениям.

Одним из основных направлений перехода Кыргызской Республики к устойчивому развитию лесных ресурсов является совершенствование действующего законодательства, определяющего, в частности, экономические механизмы многоцелевого лесопользования и охраны лесной среды.

### **Литература:**

1. Тюрин А.В. Основы хозяйства в лесах. – М: Гослесбумиздат, 1995. – 109С.

2. Kostrowicki A.C. Zastosowanie metod geobotanicznych w ocenie przydatosci terenu dla potrzeb rekreacji i wypoczynku. "Przegld geograficzny" 1970 t. 42 Zes. 4.
3. Коровин Г.Н. модель динамики лесного фонда в задачах оптимизации лесопользования. Сб. трудов: Проблема мониторинга и моделирования динамики лесных экосистем. – М: Эколес, 1999. с 140-157.
4. Концепция развития лесной отрасли КР. 2004 г.
5. Национальная лесная программа. 2004г.