

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Альбини Ф.А., Коровин Г.Н., Горювая Е.Н. Математический анализ процессов тушения лесного пожара // Тр./ ЛенНИИЛХ. - Л., 1978. - Вып. 26. - С. 61-78. [2]. Васильев В.В., Баранов В.П. Моделирование задач оптимизации и дифференциальных игр. - Киев: Наук. думка, 1989. - 296 с. [3]. Гришин А.М. Математические модели лесных пожаров - Томск, 1981. - 277 с. [4]. Доррер Г.А. Математические модели динамики лесных пожаров. - М.: Лесн. пром-сть, 1979. - 160 с. [5]. Доррер Г.А. Модель распространения фронта лесного пожара // Теплофизика лесных пожаров. - Новосибирск: ИТФ СО АН СССР, 1984. - С. 86-98. [6]. Доррер Г.А. Задачи об уклонении от встречи с лесным пожаром // Физическая газодинамика реагирующих сред. - Новосибирск: Наука, 1990. - С. 73-76. [7]. Доррер Г.А., Ушанов С.В. Расчет оптимальных путей локализации лесных пожаров // Горение и пожары в лесу. - Красноярск, 1984. - С. 72-74. [8]. Доррер Г.А., Ушанов С.В., Якимов С.П. Принципы построения экспертной системы ЭСПОЛ // Использование и восстановление ресурсов Ангаро-Енисейского региона. - Красноярск, 1991. - С. 50-52. [9]. Ушанов С.В. Оптимизация процессов локализации лесных пожаров // Лесные пожары и борьба с ними. - Красноярск: ВНИИПОМлесхоз, 1991. - С. 148-158. [10]. Ушанов С.В. Задачи оптимального управления локализацией лесных пожаров // Сопряженные задачи физической механики и экология: Тез. докл. Междунар. науч. конф. - Томск, 1994. - С. 162-164. [11]. Dorrer G.A., Ushanov S.V. Mathematical modelling and optimization of forest fire localization processes // Fire in Ecosystems of Boreal Eurasia. - Kluwer Academic. Publ., Dordrecht-Boston-London. - 1996. - P. 303-313. [12]. Rothermel R.C. A mathematical model for fire spread prediction in wildland fuels: USDA Forest Service Res. Paper INT-115, 1972. - 40 p. [13]. South Canyon Fire Investigation // Wildfire. - 1994. - Vol. 3, N 3. - P. 2-21.

Поступила 31 мая 1996 г.

УДК 630\*907

**М.А. КУЦЕВАЛОВ, В.В. УСПЕНСКИЙ, А.К. АРТЮХОВСКИЙ**

Воронежская государственная лесотехническая академия



Успенский Виктор Валентинович родился в 1940 г., окончил в 1962 г. Воронежский лесотехнический институт, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой лесной таксации и лесоустройства Воронежской государственной лесотехнической академии. Имеет более 100 печатных трудов в области комплексной оценки лесных ресурсов, моделирования динамики фитомассы древостоев искусственного происхождения.

Артюховский Анатолий Константинович родился в 1923 г., окончил в 1951 г. Воронежский лесохозяйственный институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры экологии, защиты леса и лесного охотоведения Воронежской государственной лесотехнической академии. Имеет более 100 печатных работ в области изучения экологической роли леса, биологических методов борьбы с вредителями.



## КОЭФФИЦИЕНТЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕСА

Приведена методика расчета комплексного коэффициента экологической эффективности лесных насаждений, позволяющего определить экологическую значимость различных насаждений независимо от составляющих их древесных пород.

Computation technique for complex coefficient of forest stands ecological efficiency is given. It allows determining the ecological significance of different stands, independent of tree species composition.

В лесном хозяйстве существуют различные методы оценки насаждений: по продуктивности и производительности, газопоглощающей и пылезадерживающей способности, углероддепонирующей и кислородной продуктивности, выделению биологически активных веществ, радиационной и шумовой защите и т. д. Имеется много показателей, характеризующих экологическую роль леса, особенно значимую в насаждениях зеленых зон. Существующая система ландшафтной таксации лесов зеленых зон позволяет определять типы лесопарковых ландшафтов, их рекреационную и эстетическую роль, степень рекреационной дигрессии, запас биомассы насаждений. Обобщающим показателем качества рекреационных функций леса является класс совершенства [3]. К сожалению, последний учитывает лишь часть из приведенных признаков. Имеется предложение оценивать антропогенное воздействие на лесные массивы через индекс их состояния [4]. Широкое распространение для оценки состояния лесов в последнее время получили биоиндикаторы [5]. Однако все эти показатели характеризуют отдельные свойства, определяются различными единицами измерения и не образуют единой системы, оценивающей общее экологическое состояние насаждения. Удобного комплексного показателя оценки экологической эффективности лесных насаждений так до сих пор и не существует, хотя в связи с экологизацией лесохозяйственного производства такой показатель крайне необходим.

Видимо, нужно перейти на относительные величины, как это делали упомянутые ранее авторы [3–5]. Только в таком измерении, по нашему мнению, можно комплексно оценить экологическую эффективность сразу

по всем показателям чистого или смешанного насаждения определенного возраста и в конкретных условиях произрастания. Сопоставление этих комплексных оценок, названных нами коэффициентами эффективности ( $K$ ), на новой методологической основе даст возможность выявить природозащитную ценность отдельных древостоев и насаждений в целом, установить потребность в реконструкции в связи с потерей или снижением экологических свойств, прогнозировать оптимальный состав в целях усиления полезных функций.

При существующем уровне отрицательного воздействия человека на природу в недалеком будущем все леса планеты будут прежде всего оценивать их эффективностью в сохранении условий жизни, что нашло отражение в решениях X Мирового лесного конгресса в Париже (1991 г.), конференции ООН в Рио-де-Жанейро (1992 г.), Монреале (1993 г.), Куала-Лампуре (1994 г.). Леса будут представлять единую зеленую зону, а коэффициент экологической эффективности ( $K$ ) станет основным и независимым оценочным показателем любого насаждения или лесного массива.

Индексы при коэффициенте  $K$  ( $K_4$ ,  $K_5$  и др.) указывают на число учитываемых экологических показателей. Чем больше используется показателей, тем большую информацию несет экологическая оценка насаждения:  $K_4$  информативнее  $K_3$ ,  $K_5$  информативнее  $K_4$  и т. д. При определении  $K$  обязателен учет текущего прироста насаждений как основного показателя соответствия породы конкретным условиям произрастания.

Для базового варианта насаждения (эталон) коэффициент экологической эффективности, отражающей максимальные значения исследуемых показателей, отобранных по любым породам, характеризует некое идеальное, не существующее в природе насаждение – эталон, близость к которому будет оценивать экологическую значимость конкретного исследуемого насаждения.

Максимальные показатели для базового насаждения следует выбирать по литературным данным для основных лесобразующих пород региона, имеющих высокие средообразующие (экологические) показатели (сосна, кедр, бук, береза, тополь и др.). Этот теоретический древостой характеризуется максимальными значениями таких показателей, как бонитет, текущий прирост, поглощение углекислоты, выделение кислорода и биологически активных веществ, пылезадержание, шумопоглощение и т. д.

В таком базовом насаждении «собраны» лучшие качества основных лесобразующих пород конкретной природно-климатической зоны. Сравнение с ним даст оценку экологической роли исследуемого насаждения. Максимальные показатели устанавливаются для каждой природно-климатической зоны. Их сводят в одну таблицу, которую можно использовать для расчетов коэффициентов экологической эффективности.

Коэффициент экологической эффективности вычисляется по формуле

$$K = \frac{s}{100n},$$

где  $n$  – число экологических показателей;

$s$  – сумма экологических показателей, % от показателей эталонного (базового) насаждения.

В базовом насаждении  $s = 100$ , поэтому коэффициент экологической эффективности равен 1,0.

Для центральных районов европейской части России могут быть рекомендованы максимальные значения следующих показателей: текущий прирост – 16,4 м<sup>3</sup>/га, сосна [6]; поглощение углекислоты – 22,3 т/га, ель [2]; выделение кислорода – 21,9 т/га, ель [2]; пылезадержание – 68 т/га, бук [1]; выделение биологически активных веществ (БАВ) – 500 кг/га, кедр [1].

Каждое из этих значений принимают за 1,0 или 100 % (см. таблицу).

С помощью  $K$  рассчитывают конкретные значения для фактических насаждений на основе сопоставления с эталонным. В итоге любой древостой получает свою количественную экологическую меру, что позволяет ему занять место в ранжированном ряду. Это дает возможность определить реальные пути повышения экологической эффективности лесов различными методами.

В таблице приведены характеристики насаждений сосны обыкновенной, полученные В.В. Успенским и дополненные значениями для расчета коэффициентов экологической эффективности.

Из таблицы видно, что коэффициент экологической эффективности изменяется в зависимости от возраста и состояния. Максимальная эффективность наблюдается в III-IV классах возраста. В результате старения и самоизреживания насаждений при отсутствии успешного возобновления их

#### Характеристика экологической эффективности модальных насаждений сосны ЦЧР (на 1 га)

| Возраст,<br>лет            | Поглоще-<br>ние CO <sub>2</sub> ,<br>т | Выделение             |            | Пылеза-<br>держание,<br>т | Текущий<br>прирост,<br>м <sup>3</sup> | Коэффициент экологиче-<br>ской эффективности |         |
|----------------------------|--|-----------------------|------------|---------------------------|---------------------------------------|--|---------|
|                            |  | O <sub>2</sub> ,<br>т | БАВ,<br>кг |                           |                                       | суммарный                                    | средний |
| Базовый древостой (эталон) |  |                       |            |                           |                                       |  |         |
| -                          | 22,30                                  | 21,90                 | 500,00     | 68,00                     | 16,40                                 | -  | -       |
| -                          | 1,00                                   | 1,00                  | 1,00       | 1,00                      | 1,00                                  | 5,00   | 1,00    |
| Модальные сосняки ЦЧР      |  |                       |            |                           |                                       |  |         |
| 20                         | 6,60                                   | 5,00                  | 252,00     | 7,70                      | 5,80                                  | -  | -       |
|                            | 0,30                                   | 0,23                  | 0,50       | 0,11                      | 0,35                                  | 1,49   | 0,30    |
|                            | 9,20                                   | 7,00                  | 380,00     | 9,10                      | 8,60                                  | -  | -       |
| 50                         | 0,41                                   | 0,32                  | 0,76       | 0,13                      | 0,49                                  | 2,12   | 0,42    |
|                            | 7,30                                   | 5,60                  | 352,00     | 7,40                      | 7,50                                  | -  | -       |
| 80                         | 0,33                                   | 0,26                  | 0,90       | 0,11                      | 0,43                                  | 2,03   | 0,41    |
|                            | 5,10                                   | 3,90                  | 435,00     | 5,20                      | 4,40                                  | -  | -       |
| 100                        | 0,23                                   | 0,18                  | 0,87       | 0,08                      | 0,25                                  | 1,61   | 0,32    |
| 120                        | 2,20                                   | 1,70                  | 333,00     | 4,20                      | 3,50                                  | -  | -       |
|                            | 0,10                                   | 0,08                  | 0,67       | 0,06                      | 0,20                                  | 1,11   | 0,22    |