



УДК 577.4

© Л. П. Майорова, О. А. Мищенко, 2009

**ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

Майорова Л. П. – канд. техн. наук завкафедрой ЭРиБЖД, тел.: (4212) 22-44-01; Мищенко О. А. – канд. техн. наук, доц. кафедры ЭРиБЖД, тел.: (4212) 22-44-01, e-mail: Olga\_azart.76@mail.ru (ТОГУ)

В работе предложен интегральный критерий, учитывающий агрессивность веществ, возможность накопления загрязняющих веществ в компонентах природной среды, действие на различные реципиенты, а также распространенность и качество используемого ресурса. Информационная база основана на использовании экологической статистической отчетности предприятий. Поправки, входящие в критерий экологичности технологических процессов, определены на основе действующих нормативных документов и экспертных оценок.

The paper suggests the integral criterion taking into account substance aggressiveness, possibility of accumulation of polluting substances in natural environment components, impact on different recipients as well as prevalence and quality of the used resource. The information data is based on ecological and statistical reports of enterprises. Amendments included into the criterion of ecological compatibility of technological processes are determined on the basis of normative documents and expert judgments.

*Ключевые слова:* экономика, экология, отходы, сбросы, выбросы, реципиенты, критерий экологичности, эффект суммации, эколого-экономическое развитие, агрессивность вещества, класс опасности, технологический процесс, техногенный тип развития.

Современный тип эколого-экономического развития экономики России можно определить как техногенный, базирующийся на использовании средств производства, созданных без учета экологических ограничений.

Внедрение новых технологических процессов, в том числе малоотходных, требует проведения тщательного эколого-экономического анализа, т. е. при сравнении и выборе альтернативных вариантов, наряду с определением технико-экономических параметров, необходима оценка их экологичности. Большинство существующих процессов переработки и потребления природных ресурсов не являются малоотходными. В целом при производстве многих видов продукции основными являются воздействия на атмосферный воз-

дух (выбросы предприятия, вторичные реакции), водные объекты (сбросы сточных вод и неорганизованный сброс с территории предприятия), почву (складирование отходов, вторичные воздействия). Именно эти позиции необходимо учитывать при сравнении технологий по экологическим критериям.

Анализ литературных данных показал, что в настоящее время предложен ряд показателей, в той или иной степени учитывающих экологические параметры технологических процессов. К основным недостаткам их можно отнести следующее:

- не учитывается класс опасности веществ, присутствующих в выбросах, сбросах, отходах, а также эффект суммации биологического действия;
- в подавляющем большинстве случаев отсутствует учет специфики прилегающей территории;
- не принимается во внимание возможность использования более дешевых и доступных ресурсов и затраты на природоохранные меры;
- часто проблематично информационное обеспечение.

Достаточно простой и информативный показатель должен отвечать следующим принципам:

1. Доступность информации, обеспечивающей формирования оценочного показателя.
2. Комплексность и интегральный характер, учитывающий воздействие на все компоненты географической оболочки и различных реципиентов.
3. Достаточно высокая «чувствительность», что позволит улавливать отличия в технологиях.
4. «Технологичность» – учет удельных нормативов землеемкости, ресурсоемкости, энергоемкости, отходности.

Исходя из вышесказанного, предложен критерий оценки экологичности технологических процессов, учитывающий выбросы в атмосферу, сброс сточных вод и накопление отходов. В качестве оценочного показателя принята суммарная приведенная масса загрязняющих веществ  $M_n$ , отнесенная к рыночной стоимости 1 т готовой продукции  $C$  (млн руб.), с учетом используемого ресурса:

$$K_{энт} = \frac{\left( \sum_1^3 M_i \right) \cdot K_{рес}}{C},$$

где  $K_{рес}$  – коэффициент, учитывающий распространенность ресурса и требования к его качеству, установленный на основе экспертных оценок (табл. 1).



Таблица 1

Значения коэффициента  $K_{рес}$

Категория ресурса	$K_{рес}$	Категория ресурса	$K_{рес}$
Уникальные	1,5	Низкокачественное сырье и отходы	0,8
Ограниченные (определенного качества)	1,2	Отходы собственного производства	0,7
Распространенные (стандартного качества)	1,0	Отходы других отраслей промышленности	0,65

Приведенная масса загрязняющих веществ определяется по формулам:  
*выбросы в атмосферу:*

$$M_1 = \sum_1^j A_j \cdot M_j,$$

где  $A_j$  – коэффициент агрессивности  $j$ -го вещества, содержащегося в выбросах;  $M_j$  – масса выброса  $j$ -го вещества в расчете на 1 т готовой продукции, т.

$$A_j = \frac{(K_1 \cdot K_2 \cdot K_3)^m}{ПДК_{ссj}},$$

где  $K_1$  – поправка на рассеивание  $j$ -го вещества и приземной атмосфере (табл. 2);  $K_2$  – поправка на вероятность накопления  $j$ -го вещества в природных компонентах (табл. 3);  $K_3$  – поправка на воздействие  $j$ -го вещества на различные реципиенты, помимо человека (табл. 4);  $m$  – коэффициент, учитывающий класс опасности вещества (приведения вредных веществ к третьему классу опасности (табл. 5).

*сбросы в водные объекты:*

$$M_2 = \sum_1^k A_k \cdot M_k,$$

где  $M_k$  – масса сброса  $k$ -го вещества в расчете на 1 т готовой продукции, т,  $A_k$  – коэффициент агрессивности  $k$ -го вещества, содержащегося в сбросах:

$$A_k = \frac{1}{ПДК_{рхk}},$$

*образование отходов:*

$$M_3 = \sum_1^n F_n \cdot M_n,$$



где  $F_n$ , – коэффициент, учитывающий класс опасности  $n$ -го вида отходов (табл. 6), определяемый по соотношению ставок платежей за размещение отходов разного класса опасности;  $M_n$ , – масса  $n$ -го вида отходов в расчете на 1 т готовой продукции, т.

Таблица 2

<b>Значения поправок на рассеивание загрязнителей в приземной атмосфере [1]</b>	
Вид загрязнителей	Усредненное значение поправки $K_1$
1. Твердые аэрозоли и все выбросы автотранспорта	5,0
2. Газообразные загрязнители	1,5

Таблица 3

<b>Значения поправки <math>K_2</math> на вероятность накопления загрязнителей в природных компонентах среды [1]</b>	
Вид загрязнителей	Усредненное значение поправки $K_2$
1. Металлы и оксиды ванадия, марганца, кобальта, никеля, хрома, цинка, мышьяка, серебра, кадмия, сурьмы, олова, платины, ртути, свинца, урана	5,0
2. Металлы и оксиды натрия, магния, калия, кальция, железа, стронция, молибдена, бария, висмута, кремния, бериллия, других твердых компонентов, полициклических ароматических углеводородов (ПАУ), включая бенз(а)пирен	2,0
3. Прочие (газообразные, кислоты, щелочи в аэрозолях и т.д.)	1,0

Таблица 4

<b>Значения <math>K_3</math> при воздействии загрязнителей на различные реципиенты помимо человека [1]</b>	
Вид загрязнителей	Усредненное значение поправки $K_3$
1. Испаряющиеся легкодиссоциирующие кислоты и щелочи (фтористый водород, соляная, серная кислоты и т.п.), молекулярный фтор, хлор, сернистый газ, сероводород	2,0
2. Окислы азота, сероуглерод, озон, растворимые неорганические соединения фтора	1,5
3. Органические пыли (не содержащие ПАУ), древесная пыль, нетоксичные металлы, их окислы, альдегиды, аммиак, неорганические соединения кремния, плохорастворимые соединения фтора	1,2
4. Токсичные металлы, их окислы, легкие углеводороды, окиси углерода и прочие загрязнители	1,0



Таблица 5

**Коэффициент приведения вредных веществ к третьему классу опасности [2]**

Класс	Коэффициент	Класс	Коэффициент
1	1,7	3	1,0
2	1,3	4	0,8

Таблица 6

**Значение коэффициента  $F_n$**

Вид отходов (по классам опасности для окружающей среды)	$F_n$
Отходы I класса опасности (чрезвычайно опасные)	116
Отходы II класса опасности (высокоопасные)	50
Отходы III класса опасности (умеренно опасные)	33
Отходы IV класса опасности (малоопасные)	17
Отходы V класса опасности (практически неопасные)	1

Критерий достаточно интегрален, учитывает агрессивность загрязняющих веществ и возможность накопления их в компонентах природной среды, действие на различные реципиенты, а также распространенность и качество используемого ресурса. Информационная база основана на использовании экологической статистической отчетности предприятий. Может быть использован в процессе анализа альтернатив при оценке воздействия на окружающую среду, а также при принятии экологически ориентированных управленческих решений.

Обобщение литературных данных по традиционным способам производства целлюлозы и проведенный анализ по сульфитному щелочному способу позволили получить усредненные данные, на основании которых рассчитан коэффициент экологичности технологических процессов (табл. 7).

Таблица 7

**Расчет критерия экологичности технологических процессов производства целлюлозы**

Наименование показателя	Способ производства		
	сульфатный	сульфитный	сульфитный щелочной
Стоимость 1 тонны, млн руб.	0,0345	0,0414	0,0345
Коэффициент ресурса,	0,8	1,2	0,8
Приведенная масса выбросов в атмосферу, усл. т	54,7707	12,7086	11,8940
Приведенная масса сбросов в водный объект, усл. т	85,0011	0,0238	0,0490
Приведенная масса отходов, усл. т	0,408	0	0,4267
$K_{ЭТП}$	3250,55*	369,05	286,83

\* При отсутствии сульфидов в сбросах сульфатцеллюлозного производства  $K_{ЭТП}$  составит 1279,53.

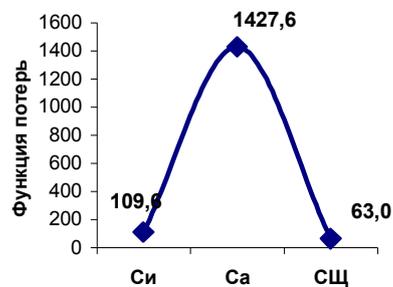
Результаты расчетов показали более высокую экологичность сульфитно-щелочного способа производства по сравнению с сульфитным и сульфатным.

При сравнении эффективности технологических процессов может быть использован подход по аналогии с функцией потерь Тагучи. В качестве модели выступают показатели по наилучшим существующим технологиям. Результатом оценки является степень несоответствия модели. В качестве функциональных характеристик трех сравниваемых способов производства целлюлозы рассматривались выход полуфабриката, обобщенный показатель прочных свойств и коэффициент экологичности технологий (рисунок).

Потери (L) определялись по формуле:

$$L = \sum_1^3 K \cdot (y - m)^2,$$

где  $y$  – значение функциональной характеристики;  $K$  – постоянная потеря;  $m$  – номинальное значение.



Функция потерь

Таким образом, приведенные данные подтверждают эффективность применения предложенного критерия экологичности технологических процессов и более высокую эффективность нового сульфитно-щелочного способа производства.

### Библиографические ссылки

1. *Временные* рекомендации по оценке экологической опасности производственных объектов (утв. Госкомэкологии РФ 15.03.00 г.) по сост. на 25.09.06 г.
2. *Рыбалов А. А.* Качество окружающей среды: методические подходы к оценке: обзорная информация // Экологическая экспертиза. М., 2001. № 1.