

УДК 622.014.3:502.76:003.13

*В.Д. Аюров, Ю.Ю. Мелихова*

**ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗАТРАТ  
НА МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ  
СЕЗОННЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ  
СРЕДЫ НА УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ**

---

**У**голь является наиболее масштабным энергоносителем и важнейшим сырьевым источником. Его запасы широко распространены и превышают запасы других энергоносителей. В России имеются огромные запасы разведанного угля, а в структуре мировой добычи угля доля России составляет более 6 %.

Загрязнение окружающей среды - актуальная проблема настоящего времени. На угледобывающих предприятиях ежегодно образуются миллионы тонн загрязняющих веществ, которые наносят ущерб, как населению, так и экосистемам регионов. В среднем, добыча 1 млн т угля сопровождается сбросом в открытые водоемы 3,2 млн м<sup>3</sup> сточных вод, нарушением 7,5 га земельных угодий, выдачей и складированием на поверхности 2,8 млн м<sup>3</sup> вскрышных и вмещающих пород, выбросом в атмосферу 2,6 тыс. т загрязняющих веществ.

Значительная величина и неизменная тенденция к увеличению ущерба, наносимого предприятиями угольной отрасли окружающей природной среде, обуславливает необходимость проведения на предприятиях мероприятий, направленных на снижение потока загрязнений окружающей среды. Проведение природоохранных мероприятий требует от предприятий значительных затрат, величина которых в 2004 году составила по предприятиям угольной отрасли около 592 млн рублей.

Эффективность затрат на природоохранные мероприятия определяется влиянием

множества факторов. Для России, большая часть территории которой характеризуется резко континентальным климатом, важным фактором формирования эффективности природоохранных мероприятий является согласованность параметров мероприятий с параметрами ритмики сезонных изменений условий окружающей природной среды.

Низкая эффективность затрат на природоохранные мероприятия и существенная зависимость интенсивности и структуры потока загрязнений от сезонных изменений условий окружающей природной среды обуславливают актуальность научной задачи эколого-экономической оценки затрат на мероприятия по предотвращению сезонных загрязнений окружающей среды на угледобывающих предприятиях.

Для решения поставленной задачи был разработан специальный методический подход к эколого-экономической оценке затрат на природоохранные мероприятия, который учитывает закономерность реализации сезонных загрязнений окружающей среды. Основная идея методического подхода заключается в том, что при эколого-экономической оценке и выборе направления реализации затрат на мероприятия по предотвращению сезонных загрязнений окружающей среды на угледобывающем предприятии следует учитывать закономерность

формирования экологического ущерба в зависимости от параметров природо-

охранного мероприятия, а именно, его эффективности и длительности.

Человек давно обратил внимание на то, что явления в природе и в жизнедеятельности людей носят повторяющийся, квазипериодический характер. Процесс загрязнения окружающей природной среды угледобывающим предприятием также ритмичен. В течение года содержание многих загрязнителей окружающей среды имеет периоды возрастания и убывания. Так, например, пик загрязнения водной среды угледобывающими предприятиями из года в год приходится на строго определенные месяцы. Это связано с природными явлениями, такими, например, как таяние снегов весной, сопровождающееся стоками загрязненной талой воды в реки.

Анализ динамики потока загрязнения окружающей среды горным предприятием позволил выявить его основные характеристики:

- нормированная интенсивность загрязнений:

$$x_v = \frac{V}{\bar{V}};$$

- нормированная длительность загрязнений:

$$x_t = \frac{t}{\bar{T}};$$

- коэффициент запаса по интенсивности загрязнений:

$$k_v = \frac{PDV}{\bar{V}};$$

- коэффициент запаса по длительности мероприятия:

$$k_t = \frac{t_m}{\bar{T}};$$

- среднее квадратическое отклонение нормированной интенсивности загрязнений:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (x_i - 1)^2},$$

где  $V$  - значение интенсивности потока загрязняющего вещества в период увеличения интенсивности;  $\bar{V}$  - среднее значение интенсивности потока загрязняющего вещества в период увеличения интенсивности при проведении дополнительного природоохранного мероприятия;  $t_m$  - длительность мероприятия;  $\bar{T}$  - среднее время сезонного увеличения интенсивности загрязнения;  $PDV$  - предельно допустимое значение интенсивности загрязнения;  $n$  - количество измерений.

Анализ закономерностей формирования экологического ущерба от загрязнения окружающей среды в период сезонного увеличения интенсивности загрязнения позволил выявить причину его формирования. Величина экологического ущерба определяется мерой согласованности вероятностно-статистических параметров сезонного загрязнения окружающей среды и параметров компенсирующих его природоохранных мероприятий.

Вероятностно-статистические параметры сезонного загрязнения окружающей среды представлены:

- средней интенсивностью потока загрязнения в период его сезонного увеличения и вероятностью превышения имеющегося коэффициента запаса по интенсивности;

- средней длительностью периода сезонного увеличения интенсивности загрязнения и вероятностью превышения имеющегося коэффициента запаса по длительности.

Параметры природоохранного мероприятия представлены:

- длительностью мероприятия;
- технической эффективностью мероприятия.

Используя указанные параметры, экологический ущерб от загрязнения окружающей среды можно определить следующим образом:

$$Y = \gamma \bar{V} \bar{T} \left[ P_{x_{y \geq k_V^*}} \left( \frac{\bar{x}_{V_{x_{y \geq k_V^*}} - k_V^*}}{y^H(\eta)} \right) + P_{x_{y \geq k_V}} \left( \frac{\bar{x}_{V_{x_{y \geq k_V}} - k_V}}{y^H(t_M)} \right) \right]$$

где  $\gamma$  - ставка платы за сверхлимитное загрязнение;  $\bar{V}$  - средняя интенсивность сезонного загрязнения;  $\bar{T}$  - средняя длительность периода сезонного загрязнения;  $k_V^*$  и  $k_V$  - коэффициент запаса по интенсивности загрязнения при наличии и отсутствии природоохранного мероприятия, соответственно,

$$k_V^* = \frac{k_V}{1 - \eta_V};$$

$\eta_V$  - техническая эффективность природоохранного мероприятия;  $P_{x_{y \geq k_V^*}}$ ,  $P_{x_{y \geq k_V}}$  - вероятность превышения коэффициента запаса по интенсивности загрязнения при наличии и отсутствии природоохранного мероприятия, соответственно;  $\bar{x}_{V_{x_{y \geq k_V^*}}}$ ,  $\bar{x}_{V_{x_{y \geq k_V}}}$  - среднее значение нормированной интенсивности загрязнения в случае превышения коэффициента запаса по интенсивности загрязнения при наличии и отсутствии природоохранного мероприятия, соответственно;  $k_t$  - коэффициент запаса по длительности мероприятия;  $\bar{x}_{t_{x_{y \geq k_t}}}$  - среднее значение нормированной длительности загрязнения в случае превышения коэффициента запаса по длительности мероприятия;  $P_{x_{t \geq k_t}}$  - вероятность превышения коэффициента запаса по длительности мероприятия;  $Y^H(\eta)$  и  $Y^H(t_M)$  - нормированные составляющие экологического ущерба, зависящие от технической эффективности природоохран-

ного мероприятия  $\eta$  и его длительности  $t_M$ , соответственно.

Величина экологического ущерба от загрязнения окружающей природной среды зависит от структуры затрат на природоохранное мероприятие по его снижению. Затраты на природоохранное мероприятие могут быть направлены на повышение технической эффективности природоохранного мероприятия  $\eta$  и на увеличение длительности его реализации  $t_M$ :

$$\left[ 1 - \varepsilon \ln \left( \frac{\eta_{\max} - \eta}{\eta_{\max} - \eta'} \right) \right] \cdot \frac{t_M}{z^H(t_M)} = 1$$

где  $\varepsilon$  - эмпирический коэффициент пропорциональности;  $\eta$ ,  $\eta_{\max}$ ,  $\eta'$  - исходная, максимальная и текущая техническая эффективность природоохранного мероприятия;  $z^H(\eta)$  - структурный показатель направления затрат на техническую эффективность мероприятия;  $z^H(t_M)$  - структурный показатель направления затрат на длительность мероприятия.

Изменение структуры затрат на природоохранное мероприятие позволяет минимизировать величину экологического ущерба от сезонных загрязнений окружающей среды на угледобывающем предприятии за счет большей согласованности параметров мероприятия с вероятностно-статистическими параметрами потока загрязнения окружающей среды. Оптимальные параметры мероприятия полностью определяются вероятностно-статистическими параметрами потока загрязнения окружающей среды из условия достижения минимальной величины экологического ущерба.

Основываясь на установленной закономерности формирования экологического ущерба была разработана экономико-математическая модель оценки затрат на мероприятия по предотвращению сезонных загрязнений окружающей

среды на угледобывающем предприятии. Эта экономико-математическая модель имеет следующий вид:

Критерий:

$$\mathcal{E}_i = \frac{1}{Z_i} \left[ \frac{Y - Y^*}{Y} \right] \rightarrow \max$$

где  $Y$ ,  $Y^*$  - экологический ущерб от загрязнения окружающей среды до и после проведения природоохранного мероприятия

$$\begin{aligned} Y &= \gamma \bar{V} T \left[ p_{x_{V \geq k_V}} \left( \bar{x}_{V_{x_{V \geq k_V}}} - k_V \right) + \right. \\ &+ \left. p_{x_{V \geq k_V}} \left( \bar{x}_{x_{V \geq k_V}} - k_V \right) p_{x_i \geq 1} \left( \bar{x}_{t_{x_i \geq 1}} - 1 \right) \right] \\ Y^* &= \gamma \bar{V} T \left[ p_{x_{V \geq k_V}^*} \left( \bar{x}_{V_{x_{V \geq k_V}^*}} - k_V^* \right) + \right. \\ &+ \left. p_{x_{V \geq k_V}^*} \left( \bar{x}_{x_{V \geq k_V}^*} - k_V^* \right) p_{x_i \geq k_i} \left( \bar{x}_{t_{x_i \geq 1}} - k_i \right) \right] \end{aligned}$$

Ограничения:

$$\frac{t_{M_{omn}}}{T} \left[ 1 - \varepsilon \ln \left( \frac{\eta_{\max} - \eta_{omn}}{\eta_{\max} - \eta_T} \right) \right] = 1$$

$$\bar{V} \leq ПДВ$$

где  $k_V^*$  и  $k_V$  - коэффициент запаса по интенсивности загрязнения при наличии и отсутствии природоохранного мероприятия, соответственно:

$$k_V^* = \frac{k_V}{1 - \eta_{V_{omn}}};$$

$\eta_{V_{omn}}$  - оптимальная величина технической эффективности мероприятия;  $k_i$  - коэффициент запаса по длительности мероприятия

$$k_i = \frac{t_{M_{omn}}}{T};$$

$t_{M_{omn}}$  - оптимальная длительность мероприятия;  $Z_i$  - затраты на  $i$ -е мероприятие, руб.

Критерий экономико-математической модели отражает величину относительного

снижения ущерба окружающей среде на угледобывающем предприятии на рубль затрат на проведение на нем мероприятия по предотвращению сезонных загрязнений окружающей среды.

Ограничения экономико-математической модели отражают структуру затрат на параметры природоохранного мероприятия – его длительность и эффективность, величину выделенных финансовых средств на природоохранные мероприятия и недопустимость превышения угледобывающим предприятием величины предельно-допустимой интенсивности загрязнения окружающей природной среды.

Таким образом, проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

- структура затрат на мероприятия по предотвращению сезонных загрязнений окружающей среды на угледобывающем предприятии проявляется в параметрах природоохранных мероприятий - их эффективности и длительности и должна формироваться исходя из закономерности формирования экологического ущерба;

- эколого-экономическую оценку затрат на мероприятия по предотвращению сезонных загрязнений окружающей среды на угледобывающем предприятии следует осуществлять с использованием разработанной экономико-математической модели, базирующейся на установленной в работе зависимости эколого-экономической эффективности мероприятия от структуры затрат на него;

- выбор природоохранных мероприятий по предотвращению сезонных загрязнений окружающей среды на угледобывающем предприятии следует производить с использованием алгоритма, основывающегося на разработанной экономико-математической модели и учитывающего параметры ритмики сезонного загрязнения окружающей среды и закономерность формирования рациональной структуры затрат на природоохранное мероприятие.

---

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Пучков Л.А. Аюров В.Д. Синергетика горнотехнологических процессов. – М.: Изд. МГГУ 1997 г.
2. Мелихова Ю.Ю. Ритмика загрязнений окружающей среды и ее параметры. – М.: ГИАБ №9 2003г.
3. Мелихова Ю.Ю. Вероятностные параметры природоохранных мероприятий по предотвращению сезонных загрязнений окружающей среды. В сборнике научных трудов каф. ЭП 2003 г.
4. Мелихова Ю.Ю. Закономерность формирования оптимальной структуры затрат на природоохранные мероприятия по предотвращению сезонных загрязнений окружающей среды. - М.: ГИАБ №4 2005 г. 49 с. Неделя горняка 2005.

**Коротко об авторах**

Аюров В.Д. – профессор, доктор технических наук,  
Мелихова Ю.Ю. – аспирантка кафедры «Экономика природопользования»,  
Московский государственный горный университет.



---

© В.Д. Аюров, С.П. Белова,  
2005

УДК 622.014.3:502.76

**В.Д. Аюров, С.П. Белова**

**ОБОСНОВАНИЕ ОБЪЕМА И СТРУКТУРЫ  
ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИЗДЕРЖЕК ГОРНОГО  
ПРЕДПРИЯТИЯ С УЧЕТОМ ДИНАМИКИ  
ИХ РЕАЛИЗАЦИИ**

---

**М**инерально-сырьевой комплекс России имеет фундаментальное значение для национального хозяйства страны. В нем важнейшую роль играют предприятия по добыче твердого топлива.

Производственные мощности по добыче угля сегодня составляют 280 млн т. Значительная часть угледобывающих предприятий в ближайшей перспективе завершит отработку своих запасов и около 35 предприятий будет закрыто. В результате сни-

жение суммарной годовой мощности на действующем шахтном фонде к 2010 году составит 50-55 млн т. Однако одновременно осуществляется и

ввод в эксплуатацию новых мощностей по добыче угля, как за счет строительства новых угледобывающих предприятий, так и за счет реконструкции и технического перевооружения действующих шахт и разрезов, что должно обеспечить прирост мощ-

ностей по добыче угля к 2010 году на 97,5 млн т.

Предприятия угольной промышленности оказывают значительное негативное воздействие на окружающую среду. Они загрязняют воздушный бассейн, подземные и поверхностные водные объекты, нарушают земли, загрязняя их отходами добычи, вызывают ландшафтные и гидрологические изменения, охватывающие огромные пространства. Все это приводит к нарушению природных взаимосвязей и отрицательно сказывается на жизнедеятельности человека. Этот аспект функционирования предприятий угольной промышленности особенно важен в свете прогнозируемого увеличения объема добычи угля в 2020 году до 430 млн т.

Природоохранные мероприятия требуют значительных затрат. Ежегодная сумма общих природоохранных затрат в топливной промышленности составляет 50 млрд руб., из них капитальные затраты, направленные на охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов, составляют около 7 млрд рублей. Величина природоохранных затрат предприятий топливной промышленности весьма значительна, поэтому для обеспечения их эффективного использования необходимо обоснование рационального объема и структуры экологических издержек горного предприятия. Для обоснования объема и структуры экологических издержек горного предприятия авторами были проведены следующие исследования:

- анализ процессов формирования экологических издержек горного предприятия из предупредительных и компенсирующих природоохранных затрат;
- выявление зависимости интенсивности загрязнений окружающей среды от величины предупредительных природоохранных затрат горного предприятия;
- обоснование критерия эффективности предупредительных природоохранных затрат горного предприятия;

- разработка экономико-математической модели экономической оценки эффективности экологических издержек горного предприятия;

- разработка алгоритма обоснования объема и структуры экологических издержек горного предприятия.

Анализ природоохранных затрат горного предприятия выявил одновременность их реализации, что позволило разработать классификацию природоохранных затрат и обосновать закономерность формирования экологических издержек горного предприятия. Экологические издержки каждого этапа функционирования горного предприятия складываются из затрат на предупредительные мероприятия и затрат на компенсацию непредотвращенного предупредительными мероприятиями ущерба окружающей среде.

$$I_j = Z_j^{np} + d \cdot Z_j^{ком}, \quad (1)$$

где  $I_j$  - экологические издержки горного предприятия в условиях проведения  $j$ -го предупредительного мероприятия, руб.;  $Z_j^{np}$  - затраты на проведение  $j$ -го предупредительного природоохранный мероприятия, руб.;  $Z_j^{ком}$  - компенсирующие природоохранные затраты, необходимые после проведения  $j$ -го предупредительного мероприятия, руб.,  $d$  - коэффициент дисконтирования.

Предупредительные природоохранные затраты направлены на предотвращение появления загрязнений окружающей среды, обусловленных спецификой производственного процесса на каждом этапе функционирования. Предупредительные природоохранные затраты обеспечивают снижение интенсивности загрязнений окружающей среды, тем самым определяя величину непредотвращенного экологического ущерба, который требует дополнительных затрат. Поэтому величина предупредительных затрат обуславливает величину компенсирующих природоохранных затрат, которые горное предприятие вынуждено будет осуществить на следую-

шем этапе функционирования. Например, внедрение систем оборотного и бессточного водоснабжения снизит интенсивность загрязнений водных объектов, что обусловит снижение величины платежей за сбросы вредных веществ, величины затрат по обслуживанию очистных сооружений или величины затрат за экологические услуги сторонних организаций на следующих этапах функционирования.

На горном предприятии могут осуществляться следующие предупредительные мероприятия: внедрение эффективной системы мониторинга; организация противодиффузионной завесы, пневмозавесы, или гидрозавесы; внедрение систем оборотного и бессточного водоснабжения; внедрение системы учета расходования топлива и смазочных материалов; создание и внедрение присадок к топливам; управление аэродинамикой при размещении отвалов; внедрение ограждающих щитов с системой орошения при открытом хранении угля; проведение профилактики горящих отвалов, путем формирования отвалов послойно овальной и круглой формы, с уменьшением химической активности отвальной массы, организация заблаговременной дегазации пластов и другие. Эти мероприятия позволяют снизить интенсивность загрязнений окружающей природной среды горными предприятиями. Непредотвращенный предупредительными мероприятиями экологический ущерб нужно компенсировать, на что горное предприятие вынуждено реализовывать следующие затраты: платежи за загрязнения в рамках допустимых нормативов, затраты на строительство, обслуживание и реконструкцию очистных сооружений, расходы по оплате услуг сторонних организаций за экологические услуги и другие ~~затраты~~ проведенных исследований позволили разработать экономико-математическую модель экономической оценки эффективности экологических издержек горного предприятия. Эта эко-

номико-математическая модель имеет следующий вид:

Критерий:

$$\mathcal{E}_j = \frac{\sum_{n=1}^N x_n (V_{H_{n_j}} - V_{n_j}) \times C_n^{ком}}{3_j^{np}} \rightarrow \max, \quad (2)$$

где

$$V_{n_j} = (V_{H_{n_j}} - V_{K_{n_j}}) \times e^{-\alpha_{n_j} 3_j^{np}} + V_{K_{n_j}} \quad (3)$$

Ограничения:

$$V_{n_j} \leq ПДВ_n, \quad (4)$$

$$I_j \leq I_{j-1}, \quad (5)$$

$$\text{где } I_j = 3_j^{np} + 3_j^{ком},$$

$$\text{где } 3_j^{ком} = \sum_{n=1}^N (V_{n_j} - ПДВ_n) \times C_n^{ком},$$

где  $x_n$  – булева переменная:  $x_n = 0$  при  $V_{H_{n_j}} \leq ПДВ_n$ ,  $x_n = 1$  при  $V_{H_{n_j}} > ПДВ_n$ ,

ед.;  $V_{H_{n_j}}$  – интенсивность загрязнения п-

ого вида до проведения j-ого предупредительного природоохранного мероприятия, ед./год;  $V_{n_j}$  – интенсивность загрязнения

n-ого вида после проведения j-ого предупредительного природоохранного мероприятия, ед./год;  $C_n^{ком}$  – стоимость компенсации не предотвращенного j-м предупредительным мероприятием экологического ущерба по n-му виду загрязнения до величины  $ПДВ_n$ , руб./ед.;  $3_j^{np}$  – затраты

на проведение j-го предупредительного природоохранного мероприятия, руб.;  $V_{K_{n_j}}$  – возможная минимальная интенсивность загрязнения n-ого вида, обеспечиваемая j-м предупредительным мероприятием, ед./год;  $\alpha_{n_j}$  – коэффициент чувствительности интенсивности загрязнения n-ого вида на величину затрат по j-му предупредительному

мероприятию, 1/руб.;  $ПДВ_n$  – предельно допустимый объем загрязнения окружающей среды n-ого вида, ед./год;  $I_j$  – экологические из-

держки, обусловленные проведением  $j$ -го предупредительного мероприятия, руб.;  $Z_j^{ком}$  – компенсирующие природоохранные затраты, необходимые после проведения  $j$ -го предупредительного мероприятия, руб.

Критерий экономико-математической модели отражает эффективность предупредительных затрат горного предприятия по снижению интенсивности загрязнений окружающей среды. Он определяет величину снижения компенсирующих природоохранных затрат на рубль предупредительных затрат. Представленный критерий используется для выбора наиболее эффективных предупредительных мероприятий.

Первое ограничение в экономико-математической модели отражает недопустимость превышения горным предпри-

ятием нормативов предельно-допустимых объемов загрязнения окружающей среды.

Второе ограничение в экономико-математической модели отражает требование минимизации экологических издержек горного предприятия при обосновании рационального объема и структуры экологических издержек горного предприятия.

На основе экономико-математической модели экономической оценки эффективности экологических издержек горного предприятия разработан алгоритм обоснования объема и структуры экологических издержек горного предприятия, учитывающий структуру экологических издержек горного предприятия и эффективность предупредительных природоохранных затрат.

---

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пучков Л.А., Аюров В.Д. Синергетика горнотехнических процессов. – М.: Издательство МГГУ, 1997. – 264 с.

2. Аюров В.Д., Потапова С.П. Факторы эколого-экономической оценки стоимости горного предприятия. – ГИАБ. – М.: Издательство МГГУ. 2003. №8. – С. 88.

3. Белова С.П. Обоснование оптимальной структуры поэтапных экологических из-

держек функционирования горного предприятия. ГИАБ. – М.: Издательство МГГУ – 2005. – №7. – С. 35.

4. Белова С.П. Обоснование экологических издержек горного предприятия с учетом динамики его функционирования. – Сборник научных работ: Экология и горное дело. – М.: Издательство МГГУ. – 2004. – С. 21.

---

#### Коротко об авторах

Аюров В.Д. – профессор, доктор технических наук,  
Белова С.П. – аспирантка кафедры «Экономика природопользования»,  
Московский государственный горный университет.

