

№ 302

**МИСиС**

---

Л.М. Симонян  
К.Л. Косырев

# **Экологически чистая металлургия**

Ресурсосбережения и экология  
в металлургии

Учебное пособие

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

№ 302

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ СТАЛИ и СПЛАВОВ  
Технологический университет



Кафедра электрометаллургии стали и ферросплавов

Л.М. Симонян

К.Л. Косырев

# **Экологически чистая металлургия**

Ресурсосбережения и экология  
в металлургии

Учебное пособие

Допущено учебно-методическим объединением по образованию в области металлургии в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальностям Металлургия черных металлов и Металлургия техногенных и вторичных ресурсов

Москва Издательство «УЧЕБА» 2005

УДК 504  
С37

Рецензент  
канд. техн. наук, проф. *В.А. Муравьев*

**Симонян Л.М., Косырев К.Л.**

С37 **Экологически чистая металлургия. Ресурсосбережения и экология в металлургии: Учеб. пособие. – М.: МИСиС, 2005. – 95 с.**

В пособии рассмотрены методы оценки экологической эффективности проектных и технологических решений, вопросы и методика расчетов. Приведено 18 задач по ресурсосбережению и экологии. Структура каждой задачи включает формулировку условия задачи, исходные данные, изложение теории и собственно решение. В конце каждой задачи приводятся литературные ссылки, позволяющие более подробно ознакомиться с соответствующим материалом, в приложении – нормативные и другие материалы, необходимые при решении задач.

Пособие предназначено для студентов специальности 150101, 150109 в рамках курсов «Экологически чистая металлургия» и «Ресурсосбережение и экология при выплавке электростали».

© Московский государственный институт  
стали и сплавов (Технологический  
университет) (МИСиС), 2005

## ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Оценка экологической эффективности проектных и технологических решений .....	5
1.1. Плата за загрязнение окружающей среды.....	5
1.2. Оценка экологического ущерба .....	7
1.3. Эколого-экономическая эффективность природоохранных мероприятий.....	10
2. Ресурсосбережение и экология в металлургии.....	17
Задача 1.....	17
Эколого-экономическая оценка вариантов утилизации конвертерного газа.....	17
Задача 2.....	20
Расчет эколого-экономической эффективности вариантов очистки газов .....	20
Задача 3.....	22
Оценка коэффициента агрессивности металлургической пыли .....	22
Задача 4.....	25
Оценка экономичности переработки пыли .....	25
Задача 5.....	26
Оценка экономичности переработки пыли, содержащей цветные металлы .....	26
Задача 6.....	30
Экологическая характеристика различных технологических схем производства стали.....	30
Задача 7.....	34
Оценка предотвращенного ущерба после реконструкции электросталеплавильного цеха .....	34
Задача 8.....	35
Расчет платы за загрязнение атмосферного воздуха.....	35
Задача 9.....	37
Расчет платы за природопользование.....	37
3. Ресурсосбережение и экология при производстве электростали.....	39
Задача 10.....	39
Расчет общего объема газов на выходе из рабочего пространства ДСП .....	39

Задача 11.....	40
Определение максимального объема и состава газов, образующихся в ДСП.....	40
Задача 12.....	44
Определение температуры газов на выходе из рабочего пространства ДСП.....	44
Задача 13.....	45
Расчет концентрации оксидов азота в отходящих из ДСП газах.....	45
Задача 14.....	47
Расчет расхода электродов и выбросов оксидов углерода в атмосферу.....	47
Задача 15.....	54
Расчет экологического ущерба при производстве стали в ДСП.....	54
Задача 16.....	55
Вклад в выбросы ЭСПП потребляемой электроэнергии.....	55
Задача 17.....	56
Оценка экологического ущерба при использовании разных технологий.....	56
Задача 18.....	58
Расчет запыленности газов после очистки.....	58
Приложения.....	61

# 1. ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

Для оценки экологической эффективности проектных и технологических решений используются различные подходы.

Наиболее полно эти вопросы учитываются при **оценке воздействия на окружающую среду (ОВОС)** той или иной хозяйственной деятельности человека (предприятия). Субъект хозяйственной деятельности формулирует альтернативные варианты ее реализации и на основе ОВОС выбирает тот, осуществление которого экономически целесообразно и экологически приемлемо. Разработка ОВОС проводится на стадии подготовки технической документации. Основными ее функциями являются выявление источника воздействия, возможных экологических последствий и нормирование предельно допустимых выбросов/сбросов (ПДВ/ПДС). С учетом ОВОС затраты на реализацию технических решений, как правило, возрастают, в ряде случаев – значительно. Поскольку эти затраты автоматически входят в себестоимость будущих продукции и услуг, то экономическая эффективность любой деятельности существенно зависит от «экологичности» самих проектных и технологических решений.

Таким образом, целью ОВОС является не исключение каких-либо выбросов, сбросов и отходов, а их нормирование в соответствии с экологической ситуацией на территории их предполагаемого воздействия. При этом предприятие обязано платить за фактическое загрязнение окружающей среды.

## 1.1. Плата за загрязнение окружающей среды

**Плата за загрязнение окружающей среды** устанавливается государственными органами<sup>1</sup>. Нормативы платы за выбросы и сбросы некоторых загрязняющих веществ и размещение отходов производства приведены в приложениях 1 – 3. Дополнительно используются коэффициенты, учитывающие экологические факторы (см. приложение 4).

Плата за загрязнения представляет собой форму возмещения экономического ущерба от выбросов и сбросов загрязняющих веществ в окружающую природную среду. Для определения платежей пред-

---

<sup>1</sup> В настоящее время действует постановление Правительства РФ от 12 июня 2003 г. № 344 «О нормативах платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками».

приятый необходимо рассчитать общую величину платы за загрязнение атмосферного воздуха, водных объектов и почвы (руб/год).

$$P_{\text{общ}} = P_{\text{атм}} + P_{\text{вод}} + P_{\text{почв}}. \quad (1.1)$$

$P_{\text{атм}}$  за загрязнение атмосферного воздуха определяется по формуле

$$P_{\text{атм}} = k_{\text{атм}}(P_{\text{н}} + P_{\text{л}} + P_{\text{сл}}) = k_{\text{атм}} [\sum V_{\text{ни}} P_{\text{ни}} + \sum (V_{\text{ни}} - V_{\text{ли}}) P_{\text{ли}} + \sum (V_{\text{ли}} - V_{\text{сли}}) P_{\text{сли}}], \quad (1.2)$$

где  $P_{\text{ни}}$  – норматив платы за выбросы загрязняющих веществ в размерах ПДВ, руб/т;

$P_{\text{ли}}$  – плата за выбросы загрязняющих веществ в пределах установленных лимитов, руб/т;

$P_{\text{сли}}$  – плата за сверхлимитный выброс загрязняющих веществ, руб/т;

$V_i$  – годовые выбросы загрязняющего вещества  $i$ -го вида, т/год.

$k_{\text{атм}}$  – коэффициент, учитывающий состояние атмосферного воздуха, принимающий для разных экономических районов РФ значения от 1 до 2 (см. приложение 4), для городов применяется с дополнительным коэффициентом 1,2.

Аналогично определяется сумма платежей за загрязнение водных объектов  $P_{\text{вод}}$ . Коэффициенты, учитывающие состояние водных объектов, также принимают значения от 1 до 2 (для бассейнов морей и рек РФ см. приложение 4).

Существует прогрессивная форма взимания платы за превышение предельно допустимых норм:

$$P_{\text{сл}} = 5P_{\text{л}} = 25P_{\text{н}}. \quad (1.3)$$

Норматив платы за размещение отходов производства зависит от класса опасности отхода для окружающей среды (см. приложение 3) и наличия специализированных полигонов и промышленных площадок:

$$P_{\text{почв}} = k_{\text{почв}} (P_{\text{Iн}} \cdot \sum V_{\text{Iл}} + P_{\text{IIн}} \cdot \sum V_{\text{IIл}} + \dots), \quad (1.4)$$

где  $P_{\text{Iн}}, P_{\text{IIн}}, \dots$  – норматив платы за размещение отходов по классам опасности, руб/т;

$V_{\text{Iл}}, V_{\text{IIл}}, \dots$  – отходы I, II...V классов опасности, т/год;

$k_{\text{почв}}$  – коэффициент, учитывающий состояние почвы, принимающий для разных экономических районов РФ значения от 1,1 до 2 (см. приложение 4).

Если отходы утилизируются в течение года, то плата за их размещение не взимается. При размещении отходов на специализированных полигонах и промышленных площадках, оборудованных в соответствии с установленными требованиями и расположенных в пределах промышленной зоны используется дополнительный коэффициент, равный 0,3, т.е. платежи за размещение этих отходов снижаются в 3 раза.

Наряду с понятием платы за загрязнение окружающей среды, используется понятие экологический ущерб, величина которого может и не совпадать с величиной платы за загрязнение окружающей среды.

## 1.2. Оценка экологического ущерба

**Под экологическим ущербом** подразумеваются фактические или возможные потери, урон или отрицательные изменения в природе, которые обусловлены загрязнением окружающей среды и могут быть выражены в денежной форме.

**Важнейшими экономическими показателями экологического ущерба являются затраты:**

на компенсацию отрицательных последствий загрязнения окружающей среды;

необходимые для уменьшения выбросов в окружающую среду;

на возмещение потерь сырья и продуктов с выбросами.

Комплексный учет этих и других факторов (тип местности, число жителей, площадь лесных и сельскохозяйственных угодий, характер рассеивания выбросов и т.д.) на региональном уровне проводится с использованием компьютерного моделирования. При оценке конкретных проектных и технологических решений для расчета экологического ущерба можно использовать более простые методы.

В упрощенном виде экологический ущерб  $Y_{oc}$ , наносимый металлургическим предприятием окружающей среде, можно оценить аналогично выражению (1.1), суммируя ущерб атмосфере  $Y_{атм}$ , водоемам  $Y_{вод}$  и почве  $Y_{почв}$ :

$$Y_{oc} = Y_{атм} + Y_{вод} + Y_{почв}. \quad (1.5)$$

**Экологический ущерб атмосфере** можно рассчитать по формуле (руб/год)

$$Y_{атм} = H_{y(атм)} \cdot k_p \cdot k_m \cdot m_{ст} \sum_{i=1}^n (B_i \cdot A_i), \quad (1.6)$$

где:  $N_{y(\text{атм})}$  – нормативный коэффициент ущерба, руб/усл. т выброса;  
 $k_p = k_1 \cdot k_2$  – коэффициент, учитывающий характер рассеивания примеси в атмосфере  $k_1$  и высоту выбросов  $k_2$  (для частиц, оседающих со скоростью 1...20 см/с,  $k_1 = 0,89...4$ ,  $< 1$  см/с  $k_1 = 1...0,8$ ;  $k_2 = 1$  при высоте 60 м);  
 $k_m$  – коэффициент, учитывающий местоположение источника выбросов (для промышленных регионов можно использовать приложение 4), для городов  $k_m = 0,1n$ , где  $n$  – плотность населения в зоне воздействия выбросов (чел/га), для курортов  $k_m = 10$ , для зон отдыха –  $k_m = 8$ , для лесов  $k_m = 0,2...0,025$ ;  
 $m_{\text{ст}}$  – годовая производительность выпускаемой продукции, т/год;  
 $V_i$  – удельные выбросы вещества  $i$ -го вида, т/т стали;  
 $A_i$  – коэффициент относительной опасности (агрессивности) вещества  $i$ -го вида, усл.т/т выброса (обычно для СО принимается равным 1, для остальных веществ приводится к СО).

При оценке экологического ущерба используется коэффициент 5 за выбросы, превышающие предельно допустимые нормативы (ПДВ), и 25 при превышении временно согласованных значений (ВСВ).

Значение удельной приведенной массы  $M_{\text{уд}}$  загрязнителей рассчитывается по формуле (усл.т/т продукции)

$$M_{\text{уд}} = \sum_{i=1}^n (V_i A_i), \quad (1.7)$$

величина годового объема – по формуле (усл.т/год)

$$M_{\text{год}} = m_{\text{ст}} \sum_{i=1}^n (V_i \cdot A_i). \quad (1.8)$$

Показатель относительной опасности веществ  $A_i$  определяют по нормативным документам или рассчитывают, используя один из методов:

– по формуле

$$A_i = a_i \alpha_i \delta_i \lambda_i, \quad (1.9)$$

где:  $a_i$  – показатель относительной опасности присутствия примеси в воздухе, вдыхаемом человеком;

$\alpha_i$  – поправка, учитывающая присутствие вторичных загрязнителей в компонентах окружающей среды и цепях питания, а также