

**Энергетика и загрязнение окружающей  
среды тяжелыми металлами**

Зеленухо Е.В.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время все больше внимания уделяется развитию таких отраслей, как энергетика, экономика, экология. Энергетика в этом ряду занимает особое место, так как она является определяющей и для экономики, и для экологии. От нее в решающей мере зависит экономический потенциал государств и благосостояние людей. С другой стороны она оказывает наиболее сильное воздействие на окружающую среду, экосистемы и биосферу в целом.

На всех электростанциях, использующих органическое топливо, имеют место выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. Эти выбросы содержат оксиды азота ( $\text{NO}_x$ ), углерода ( $\text{CO}_x$ ), серы ( $\text{SO}_x$ ), углеводороды, пары воды и другие вещества в твердом, жидком и газообразном состояниях. Так, в 2003 году предприятиями концерна «Белэнерго» было выброшено в атмосферу 20886,737 тонн диоксида серы, 4759,330 тонн оксида углерода и 26228,582 тонн оксидов азота.

Однако, помимо традиционных химических загрязнителей, энергетика также является мощным источником выбросов в атмосферу тяжелых металлов. Опасность загрязнения тяжелыми металлами биосферы обусловлена их устойчивостью во внешней среде, растворимостью в атмосферных осадках, способностью к сорбции почвой, зелеными насаждениями, донными отложениями, что в совокупности и приводит к постепенному накоплению в среде обитания человека.

Анализ литературных источников [1,2] показывает, что на территории Республики Беларусь стационарное сжигание топлива является основным источником выбросов мышьяка, ртути, никеля. Также при сжигании топлива выбрасываются и значительные количества таких тяжелых металлов как кадмий, хром, медь, свинец, цинк.

Топливо, содержащее в своем составе примеси тяжелых металлов, поступает на топливосжигающие установки, где примеси частично попадают в шлак, частично выбрасываются с лету-

чей золой в атмосферу. Эмиссия тяжелых металлов зависит от множества факторов: их содержания в горючих ископаемых, распределения тяжелых металлов между продуктами процесса при сжигании топлива (газовой фазой, шлаком, зольным уносом и др.) и природы соединений тяжелых металлов в этих продуктах.

Удельный выброс тяжелых металлов определяется следующими составляющими: металл, уносимый в аэрозольном виде, и металл, уносимый вместе с частицами несгоревшего топлива. Тогда соотношение для расчета удельного выброса  $i$ -го тяжелого металла можно записать в виде [2]:

$$EF_i = C_i \cdot (f_a \cdot f_{ei} + Q_n^p / Q_c \cdot 0,01 \cdot q_4) \cdot (1 - \eta),$$

где  $EF_i$  – эмиссионный фактор для  $i$ -го тяжелого металла, г/т;

$C_i$  – содержание  $i$ -го тяжелого металла в исходном топливе, мг/кг;

$f_a$  – доля золы, уносимой дымовыми газами;

$Q_n^p$  – низшая теплота сгорания топлива, кДж/кг;

$Q_c$  – 32680 кДж/кг – теплота сгорания углерода;

$q_4$  – потери тепла от механического недожога топлива, %;

$\eta$  – доля твердых частиц, уловленных в золоуловителе;

$f_{ei}$  – коэффициент обогащения тонкодисперсной золы  $i$ -м тяжелым металлом.

Удельные выбросы тяжелых металлов при сжигании различных видов топлива приведены в таблице 1.

Таблица 1. Удельные выбросы (эмиссионные факторы) тяжелых металлов при стационарном сжигании топлива, г/т топлива [2]

Вид топлива	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Мазут	0,02	0,05	0,48	0,36	0,05	44,65	1,26	1,62
Газ	-	-	-	-	0,0014	-	-	-
Уголь	0,9	0,01	0,37	0,42	0,2	0,15	0,4	1,62
Торф	0,11	0,04	0,08	0,22	-	0,07	0,09	0,6
Дрова	-	0,06	0,11	0,08	-	0,11	0,65	9,8

В энергетике Республики Беларусь в последнее время ежегодно сжигается порядка 12 млн. т у.т. В структуре топливного

баланса природный газ превышает 80%, остальное – сернистый мазут, попутный газ и др. [3].

В таблице 2 приведены данные по расходу топлива по годам 1999-2003 гг., которые были использованы для расчета выбросов тяжелых металлов предприятиями концерна «Белэнерго».

Таблица 2. Расход топлива предприятиями концерна «Белэнерго»

Годы	Вид топлива	
	Мазут, тонн	Газ, тыс. м <sup>3</sup>
1999	1218840	9278070
2000	618116	9627193
2001	488406	9635088
2002	645652	9840351
2003	489130	10136842

В работе на основании данных таблицы 2 и таблицы 3 рассчитано количество выбросов тяжелых металлов предприятия концерна «Белэнерго» за 1999-2003 гг.. Полученные результаты представлены на рисунке 1.



Рис. 1 - Выбросы тяжелых металлов предприятиями концерна «Белэнерго» за период 1999-2003 гг.

На основании полученных результатов (рис.1) был рассчитан экономический ущерб от загрязнения атмосферного воздуха выбросами тяжелых металлов за период 1999-2003 гг. По величине причиняемого ущерба тяжелые металлы образуют следующий ряд: Ni, Pb, Hg, Cd, Cr, Cu, Zn, As.

В настоящее время в Республике Беларусь рассматривается вопрос по переходу объектов энергетики на местные топливные ресурсы, основными из которых могут быть торф, бурый уголь, дрова. В связи с этим в работе проведен расчет зависимости расхода различных видов топлива от мощности с учетом их теплотворной способности, которая отражена на рисунке 2.

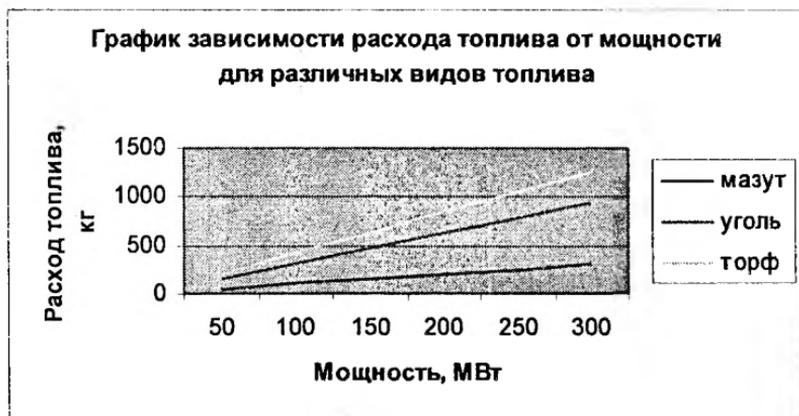


Рис. 2 – График зависимости расхода топлива от мощности для различных видов топлива

В работе также произведен расчет количества выбросов тяжелых металлов при сжигании различных видов топлива (мазута, угля, торфа), приведенный к 1 Мвт мощности. Полученные результаты приведены на рисунке 3.

Согласно полученным результатам, бурый уголь является наименее экологически чистым видом топлива по выбросам тяжелых металлов, таких как As, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn.



Рис. 3 – Выбросы тяжелых металлов при сжигании различных видов топлива

Таким образом, очевиден вклад стационарного сжигания топлива в загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами.

#### Литература

1. Трахтенберг И.М., Колесников В.С., Луковенко В.П. Тяжелые металлы во внешней среде. – Мн.: Химия, 1994. – 285 с.
2. Какарека С.В., Хомич В.С., Кухарчик Т.И. Выбросы тяжелых металлов в атмосферу: опыт оценки удельных показателей. – Мн.: Институт геологических наук НАН Беларуси, 1998. – 156 с.
3. Стриха И.И., Карницкий Н.Б. Экологические аспекты энергетики: атмосферный воздух. – Мн.: УП «Технопринт», 2001. – 375 с.

УДК 574 + 502: 23

#### Построение модели торговли квотами на загрязнение промышленных предприятий

Карпенко И.В.

Белорусский национальный технический университет

В связи с развитием промышленного комплекса в Республике Беларусь и воздействием, которое он оказывает на окружающую среду, проблема снижения выбросов промышленных предприятий является очень актуальной для нашей страны.