

## **Критериальный анализ эколого-экономической эффективности мероприятий по защите воздушного бассейна**

д.т.н. проф. В.Е.Лотош

Метод критериального ранжирования процессов природопользования, разработанный автором, в данной статье применен для анализа мероприятий по охране воздушного бассейна на реальном промышленном предприятии. Даны расчетный и графический способы определения наиболее эффективных природоохранных работ. Показано, что выполнение только последних может сократить капитальные затраты в 2-6 раз при их токсикологической эффективности, достигающей 85-95% от всей совокупности неотранжированных мероприятий.

### **Criterion analysis of ecological and economical efficiency of measures on the defense of air basin**

by d.t.s., prof. V.E.Lotosh

**Abstract:** In this article the criterion ranging method developed by author was used for the analysis on air basin defense at the real industrial enterprise. Calculation and graphic methods to define most effective nature protection operations are given. It is shown that only the performance of the latter one can reduce capital investments by 2-6 times keeping their toxicological effectiveness at 85-95% comparing to the total non-ranging measures sum.

В работе [1] изложены теоретические основы критериального ранжирования проблем и технических решений в области природопользования, принципиально исключающие субъективизм в их оценке. В основу последней положены введенные автором понятия токсической (ТО), энергетической (ЭО) и суммарной (СО) экологической опасностей. Они выражаются безразмерными числами, т.е. имеют критериальный характер. Для их вычисления необходимы только технологические данные (количество, концентрация загрязнителей, энергетические затраты и т.п.) и предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ. Соотнесение величин ТО, ЭО, СО с экономическими показателями (текущие затраты, себестоимость, капитальные вложения и т.д.) позволяет провести объективное ранжирование мероприятий и процессов в сфере природопользования по их масштабу и эффективности.

В данной работе излагается расчетная часть критериального ранжирования применительно к источникам загрязнения и природоохранным мероприятиям реального промышленного предприятия. Исходной базой для анализа послужил годовой отчет Златоустовского металлургического завода (ЗМЗ) за 1995 г по форме 2ТП-воздух.

ЗМЗ – одно из крупнейших предприятий в третьем по величине городе (208 тыс. жителей) Челябинской области. На долю завода приходится 1/3 товарной продукции Златоуста, однако вклад предприятия в загрязнение окружающей среды еще более значителен, составляя, в частности, 70% общего объема городских выбросов в атмосферу.

Основными цехами ЗМЗ являются второй мартеновский (МЦ№2), три электросталеплавильных (ЭСПЦ), три прокатных (ПЦ), термокалибровочный (ТКЦ) и производство огнеупоров (ОГЦ). В качестве базового технологического оборудования, находившегося в эксплуатации в 1995 г, они включают: МЦ№2 – четыре 190-тонные мартеновские печи; ЭСПЦ№1 – одну 10-тонную и четыре 20-тонные дуговые электрические сталеплавильные печи (ДСП), две печи для обжига известняка и доломита; ЭСПЦ№2 – восемь нагревательных печей, пять ДСП и барабанных печей, три 5-тонные и три 10-тонные электропечи; ЭСПЦ№3 – две ДСП, шесть печей электрошлакового переплава, две индукционные вакуумные печи, две установки полунепрерывной разливки стали, четыре электропечи для отжига слитков, две печи прокаливания, один сварочный аппарат; ПЦ№1 – прокатные станы (1150, 750, 280), методиче-

ские печи для нагрева металла перед прокаткой, ТВЧ-печь и др.; ПЦ№2 – прокатные станы (100, 400), пять методических печей для нагрева металла; ПЦ№3 – прокатный стан 350/450 и три методические печи; ТКЦ – две индукционные и двадцать термических печей, два отделения травления металлов; ОГЦ – газокамерная печь, печь прокатывания, барабанное сушило.

Схема производства основной продукции включает подготовку и транспортировку шихтовых материалов, плавление их в печах, разливку и прокатку металла, зачистку заготовок и слитков. В качестве технологического топлива применяется природный газ, резервного – мазут с содержанием серы до 1% (в котельных агрегатах) и до 0,5% – в нагревательных устройствах прокатных цехов.

Выбросы в атмосферу содержат главным образом взвешенные вещества (пыль), а также оксиды азота, серы и в небольших количествах монооксид углерода, пятиокись ванадия, фтористый водород и серную кислоту. Отходящие газы частично подвергаются пылеочистке в циклонах, скрубберах, трубах Вентури, рукавных фильтрах и электрофильтрах. Улавливание газообразных загрязнителей и утилизация уловленной пыли не производится. В форме 2ТП-воздух и другой заводской документации нет также данных о влиянии системы пылеулавливания на показатели работы технологических агрегатов. В этом случае эффективность воздухоохраных мероприятий определяется лишь изменением токсической опасности выбросов в процессах пылеулавливания (токсикологической эффективностью) и затратами на реализацию последних.

Приводимые далее расчеты выполнены для стандартного состояния окружающей среды, при котором фоновая концентрация в ней  $i$ -тых компонентов выбросов равна нулю.

Были определены токсическая опасность источников выбросов и наиболее крупные (основные) из них по цехам завода, чистый токсикологический эффект  $\mathcal{E}_T$  природоохранных работ за период 1958-1996 г.г., абсолютная токсикологическая эффективность  $\mathcal{E}_{ТКВ}$  капитальных вложений в средозащитные мероприятия завода в 1995 г., проведено ранжирование последних по величине  $\mathcal{E}_{ТКВ}$ , предложены расчетные и графические методы определения наиболее эффективных работ, показано, что выполнение только этих мероприятий позволяет сократить капитальные вложения в

охрану окружающей среды в 2-6 раз с достижением  $\Delta_T$ , равного 85-95% от всей совокупности мероприятий.

Расчеты токсической опасности источников загрязнения вели по доминантной формуле, которая, применительно к воздушному бассейну, в согласии с работой [1] записывается следующим образом:

$$TO_{\text{газ}} = \sum_{i=1}^n \left[ \left( \frac{C}{\text{ПДК}_{\text{с.с.}}} - 1 \right) \cdot V \right], \quad (1)$$

где  $TO$  – безразмерная величина;

$C$  – концентрация  $i$ -того компонента в объеме газовой фазы выброса;

$\text{ПДК}_{\text{с.с.}}$  – предельно допустимая среднесуточная концентрация  $i$ -того компонента в атмосфере;

$V$  – объем газовой фазы выброса, единиц.

В целом, формула (1) по физическому смыслу отражает количество ПДК  $i$ -тых компонентов сверх допустимого во всем объеме выброса. Дробь в круглых скобках представляет безразмерное число, выражающее концентрацию  $i$ -того компонента в единицах ПДК. Вычитание единицы из дроби показывает допустимость (безвредность) концентрации компонентов равной 1 ПДК. Таким образом, разность в круглых скобках выражает количество избыточных (сверх допустимого) ПДК в единице объема.

Из уравнения (1) следует, что по мере снижения концентрации газа по  $i$ -тому компоненту (разбавления) токсичность этого компонента уменьшается (увеличивается относительный вклад единицы). При  $C \leq \text{ПДК}$  выражение (1) по  $i$ -тому компоненту превращается в ноль или становится отрицательным, что свидетельствует о достигнутой токсической безопасности по данному компоненту.

Из доминантной формулы выводятся и при необходимости используются другие выражения для расчета  $TO$ , например (2), (3) и (4).

Вывод выражения (2) основан на том, что произведение концентрации  $C$   $i$ -того компонента на объем  $V$  газовой фазы есть величина постоянная, в том числе при 100%-ной его концентрации ( $C_0$ ). Отсюда следует, что формулу (1) можно преобразовать следующим образом:

$$TO_i = \left( \frac{C_0}{ПДК_{с.с.}} - 1 \right) \cdot V_0 = \frac{C_0 V_0}{ПДК_{с.с.}} - V_0 = \frac{m}{ПДК_{с.с.}} - 22,4 \frac{m}{\mu}, \quad (2)$$

где  $V_0$  – объем  $i$ -того компонента, соответствующий  $C_0$ , единиц;

$m$  – масса  $i$ -того компонента в объеме  $V_0$  выброса;

22,4 – число единиц объема моля газообразного вещества в стандартных термодинамических условиях ( $p=1$  атм, температура  $0^\circ\text{C}$ );

$\mu$  – молекулярная масса  $i$ -того компонента.

Поскольку объем  $V$  выбросов в формуле (1) может быть заменен выражением  $m/C$ , где  $m$ ,  $C$  – соответственно масса и концентрация  $i$ -того компонента в выбросе, то формула (1) приводится также к виду

$$TO_i = \left( \frac{C}{ПДК_{с.с.}} - 1 \right) \cdot \frac{m}{C}, \quad (3)$$

Если отношение  $C/ПДК_{с.с.}$  существенно больше единицы, и ею можно пренебречь, то тогда

$$TO_i = \frac{m}{ПДК_{с.с.}}, \quad (4)$$

что в данном случае упрощает расчеты.

В работе использованы следующие значения ПДК компонентов,  $\text{мг}/\text{нм}^3$ : пыль – 0,05;  $\text{NO}_2$  – 0,024;  $\text{SO}_2$  – 0,045;  $\text{CO}$  – 3;  $\text{V}_2\text{O}_5$  – 0,002;  $\text{H}_2\text{SO}_4$  – 0,1;  $\text{HF}$  – 0,005.

В качестве иллюстрации выполним расчет токсической опасности выбросов пыли ( $TO_{\text{П}}$ ) из конкретного источника загрязнения на ЗМЗ – мартеновской печи №5 (МП-5). По данным формы 2ТП-воздух, МП-5 в течение года проработала 4357 ч при объеме выбросов  $104760 \text{ нм}^3/\text{ч}$  и концентрации выносимой из печи пыли равной  $0,468 \text{ г}/\text{нм}^3$ . Следовательно, в соответствии с формулой (1)

$$TO_{\text{П}} = \left( \frac{0,468 \cdot 10^3}{0,05} - 1 \right) \cdot 104760 \cdot 4357 = 4272 \cdot 10^9 \text{ единиц в год}$$

Здесь множитель  $10^3$  – коэффициент перевода концентрации  $C$ , выраженной в  $\text{г}/\text{нм}^3$ , в концентрацию размерностью  $\text{мг}/\text{нм}^3$ , в которой представлена ПДК<sub>с.с.</sub> пыли.

Поскольку дробь в скобках по абсолютной величине (9360) многократно превосходит единицу, последней можно пренебречь и расчет  $TO_{\text{П}}$  провести также и по выражению (4). По данным формы 2ТП-воздух, количество пыли, вынесенной из печи в течение года, составило 213,614 т. Отсюда, в соответствии с выражением (4),

$$TO_{II} = \frac{213,614 \cdot 10^9}{0,05} = 4272 \cdot 10^9 \text{ единиц в год}$$

Здесь множитель  $10^9$  – коэффициент перевода массы  $m$ , выраженной в тонны, в миллиграммы, используемые в ПДК<sub>С.С.</sub> пыли.

Таким образом, величины  $TO_{II}$ , рассчитанные по формулам (1) и (4), в данном случае с высокой степени точности (0,01%) совпадают. Формулой (4) удобно пользоваться, задавшись определенной погрешностью расчета по ней в сравнении с доминантной формулой (1). Поскольку реальные погрешности измерения объемов, концентраций и масс выбросов из технологических агрегатов по крайней мере не ниже долей процента по каждому из названных параметров, то можно априори допустить погрешность вычислений по формуле (4), равную нескольким, например пяти, процентам по отношению к формуле (1).

Приведенный выше и другие расчеты показывают, что токсическая опасность выбросов из источников загрязнения на ЗМЗ составляет величину со многими нулями, которую удобно выражать в более крупных единицах, в данном случае – в Гигаединицах. Таким образом, в вышеприведенных примерах  $TO_{II}$ , рассчитанная по формулам (1) и (4), составляет 4272 Гед.

В табл. 1 представлены результаты расчетов  $TO$  выбросов цехов ЗМЗ. Из нее следует, что основную  $TO$  составляют пылевывбросы, доля которых в целом по заводу превышает 77%. Значительно ниже токсическая опасность выбросов оксидов азота (менее 17%) серы (немногим более 5%). Токсическая опасность выбросов монооксида углерода и других загрязнителей не превышает десятых долей процента. Среди цехов основным загрязнителем окружающей среды является МЦ№2, на долю которого приходится почти 35% общей  $TO$  выбросов завода, в том числе по пыли – 29,19%, по  $NO_2$  – 43,21%, по  $SO_2$  – 91,88%. Далее следуют ЭСПЦ№1 и ЭСПЦ№2 (соответственно 23,51 и 13,68% от общей токсической опасности выбросов ЗМЗ). Вклад остальных цехов в токсическую опасность варьирует в пределах 2-8% по каждому из них.

При общем количестве источников выбросов по заводу, равном 325, основной вклад в загрязнение вносит значительно меньшее их число (14). К ним при анализе отнесены, за одним исключением, источники с выбросом загрязнений, превышающим 1000 Гед (12 источников пылевывделения, 7 – оксидов азота, в том числе 5 – с одновременной эмиссией пыли и газа). Несмотря на немногочисленность, эти источники

предопределили выделение 70% пыли и 73% оксидов азота от имеющихся в целом по заводу (табл. 2). Особенно большую долю основных источников выбросов дают мартеновский цех №2 (97-100% пыли и оксидов азота), ДСП и печь обжига доломита в ЭСПЦ№1 (соответственно 97% пыли и более 78% азота).

Анализ чистой токсикологической эффективности  $\mathcal{E}_T$  природоохранных мероприятий завода в период 1958-1996 гг провели, основываясь на доминантной формуле (1)

$$\Delta TO = \mathcal{E}_T = TO_1 - TO_2, \quad (5)$$

где  $TO_1$  – токсическая опасность источника выброса до системы пылеулавливания (на выходе из технологического агрегата);

$TO_2$  – токсическая опасность источника выброса после системы пылеулавливания.

Для практических расчетов оказалось более удобным использовать преобразование формулы (5) с учетом формулы (1), приводящее к выражениям (6) и (7).

$$\mathcal{E}_T = \sum_{i=1}^n \left( \frac{C_1 V_1}{ПДК_i} - V_1 - \frac{C_2 V_2}{ПДК_i} + V_2 \right) = \sum_{i=1}^n \left( \frac{\Delta m_i}{ПДК_i} + \Delta V \right), \quad (6)$$

где индексы 1,2 при  $C$  и  $V$  характеризуют концентрации  $i$ -того загрязнителя и объем выбросов соответственно до и после системы пылеулавливания (очистки);

$\Delta V$  – увеличение объема выбросов за счет подсосов на пути от технологических агрегатов до системы очистки;

$\Delta m_i$  – масса  $i$ -того загрязнителя, уловленного в системе очистки.

При  $\Delta V=0$  (нет подсосов на пути от технологических агрегатов до системы очистки), что соблюдается, например, на ЗМЗ,

$$\mathcal{E}_T = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta m_i}{ПДК_i} \quad (7)$$

Формула (7) справедлива при  $C_1$  и  $C_2$ , превышающих ПДК<sub>*i*</sub>. При  $C_2 < ПДК_i$  разность  $\Delta m_i$  становится равной  $m_1$  – массе загрязнителя в выбросе до очистки последнего.

Результаты расчетов  $\mathcal{E}_T$  по цехам представлены в табл. 3. Особо в ней выделены разработки по очистке выбросов, имеющие  $\mathcal{E}_T$  более 500 Гед, которые отнесены нами к основным природоохранным мероприятиям.

Выявлено, что за рассматриваемый период  $\Delta_T$  составила 25380 Гед, что равно 29,78% от ТО пыли всех цехов (85215 Гед) и 23,0% от общей токсической опасности цехов, равной 110343 Гед (табл. 1). Этот результат, достигнутый за продолжительный, 40 летний, период работы ЗМЗ, недостаточен. При сохранении и в будущем аналогичных темпов внедрения природоохранных мероприятий потребуется еще не менее 60 лет, чтобы достичь приемлемого уровня  $\Delta_T$  (порядка 80% от общей токсической опасности цехов). Однако задача 80%-ной ликвидации ТО не может быть решена без внедрения мероприятий по газоочистке, полностью отсутствовавших на заводе до сих пор.

При общем невысоком уровне  $\Delta_T$  наиболее значительный результат получен в далеком 1976 г (9051 Гед). В последующем к нему не удалось приблизиться ни в одной пятилетке в целом. Вместе с тем  $\Delta_T$  достигалась за счет внедрения мероприятий вне МЦ№2 и ЭСПЦ№1, являющихся главными загрязнителями окружающей среды (табл. 1). Основные источники выбросов этих цехов (см. табл. 2) не оборудованы пылегазоочистными устройствами. Значительная доля  $\Delta_T$  (более 2/3) на ЗМЗ получена за счет ПЦ№1 (32,14%), ЭСПЦ№2 (17,48%) и ТКЦ (16,25%). Между тем, доля этих цехов в токсической опасности выбросов равна только 27,5%, в том числе ПЦ№1 и ТКЦ – всего 8,31 и 5,51% соответственно (табл. 1).

Сложившийся вектор природоохранных мероприятий нельзя объяснить отсутствием технических решений по очистке газов мартеновских и электросталеплавильных цехов., известных как для одних (тканевые фильтры, трубы Вентури, сухие горизонтальные электрофильтры), так и для других (скрубберы, мокрые электрофильтры) типов печей [2].

Таким образом, без достаточных оснований стратегия завода не была направлена на ликвидацию наиболее крупных источников выбросов в МЦ№2 и ЭСПЦ№1. В значительной степени это связано с отсутствием, вплоть до появления работы [1], объективных подходов к выбору природоохранных мероприятий с наибольшей эколого-экономической эффективностью. В результате в настоящее время сложилось положение, когда на второстепенных направлениях возникновения токсической опасности, представленных всеми цехами завода, исключая МЦ№2, ЭСПЦ№1 и, отчасти, ЭСПЦ№2, токсикологическая эффективность природоохранных мероприятий составляет 65,1-88,9% по пылевыбросам, а в МЦ№2 и ЭСПЦ№1 она не превышает 2,3%



(табл. 4). Как следствие, доля загрязнений МЦ№2 повышается с 34,85% в ТО<sub>1</sub> (табл. 1) до 44,58% в ТО<sub>2</sub> (табл. 4), а ЭСПЦ№1 – с 23,51 до 30,12%, что в сумме достигает 75% токсической опасности всех заводских выбросов в атмосферу.

Следствием субъективизма в оценке природоохранных мероприятий является тот факт, что их эколого-экономическая эффективность может различаться в сотни и тысячи раз. Подтверждением этого служит анализ плана атмосфероохранных мероприятий завода на 1995 г. Их список (табл. 5) был отранжирован автором по показателю абсолютной токсикологической эффективности  $\mathcal{E}_{ТКВ}$  капитальных вложений  $K$  в средозащитные мероприятия. В соответствии с [1],  $\mathcal{E}_{ТКВ}$  характеризуется величиной токсической опасности, ликвидируемой на единицу вложенных капитальных затрат

$$\mathcal{E}_{ТКВ} = \frac{\mathcal{E}_T}{K} \quad (8)$$

Расчет  $\mathcal{E}_{ТКВ}$  на примере мероприятия по реконструкции газоочистки за нагревательными печами 10, 13-15 (табл. 5, строка 1) представлен ниже. Величина  $\mathcal{E}_T$  определялась по формуле (7) при  $i=1$  (загрязнитель – пыль).

$$\mathcal{E}_{ТКВ} = \frac{70 \cdot 10^9}{0,05 \cdot 10^6} = 1400 \cdot 10^3 = 1400 \text{ Кед/руб}$$

Здесь  $70 \cdot 10^9$  – снижение выбросов пыли на 70 т, пересчитанное в миллиграммы; 0,05 – ПДК пыли, мг в единице объема ( $1 \text{ нм}^3$ );  $10^6$  – капитальные затраты на мероприятия, равные 1 млн руб (цены 1995 г); Кед – килоединица (1000 единиц).

Как следует из табл. 5, мероприятия завода, запланированные на 1995 г, по величине  $\mathcal{E}_{ТКВ}$  находятся в диапазоне 1400-0,75 Кед, т.е. по абсолютной токсикологической эффективности отличаются более чем в 1850 раз.

В общем случае можно рекомендовать два варианта (расчетный и графический) выявления наиболее эффективных природоохранных мероприятий из всей совокупности предложенных.

В расчетном варианте определяется средняя  $\mathcal{E}_{ТКВ}$  мероприятий, которая, в соответствии с данными табл. 5, будет равна  $265,4 \cdot 10^9 / 0,05 \cdot 178 \cdot 10^6$  или 29,8 Кед/руб (265,4 – общее снижение выбросов, тонн; 178 – общие капитальные затраты по запланированным мероприятиям, млн руб). Примем, что эффективны мероприятия с  $\mathcal{E}_{ТКВ}$  не ниже средней, т.е. в рассматриваемом случае их  $\mathcal{E}_{ТКВ}$  составляет 30 Кед/руб. Таковыми являются первые шесть ранжированных мероприятий (табл. 5).

При графическом методе определения эффективности мероприятий строится зависимость « $\Delta_T$  – капитальные затраты» (то и другое в процентах нарастающим итогом по ранжированным мероприятиям). В анализируемом случае получена зависимость логарифмического вида, на которой достаточно отчетливо выделяются два близких к прямолинейному участка, расположенные под разными углами к оси абсцисс, и соединяющая их кривая (рисунок). Круто восходящий прямой участок характеризует мероприятия с высоким уровнем  $\Delta_{TKB}$ . На рисунке он охватывает мероприятия с рангом с первого по четвертый. Участок прямой с меньшим углом наклона к оси абсцисс включает мероприятия с гораздо более низкими значениями  $\Delta_{TKB}$  (ранг с седьмого по двенадцатый). Промежуточными по  $\Delta_{TKB}$  оказываются мероприятия с рангом 5 и 6. Продолжив прямые линии рисунка до их пересечения в точке L (назовем ее L-критерием), можно разделить мероприятия с промежуточными значениями  $\Delta_{TKB}$  на более и менее эффективные. Такое графическое построение показывает, что к числу эффективных можно отнести и мероприятие с рангом 5.

Отметим, что графическая зависимость с двумя четко выраженными прямоугольными участками, отличающимися лишь углом наклона к оси абсцисс, имеет место тогда, когда анализируемая совокупность природоохранных мероприятий существенно различается по их эффективности, что наблюдается применительно к ЗМЗ. При совокупности более близких по эффективности мероприятий графическая зависимость « $\Delta_T$  – капитальные затраты» сводится к линейной, возможно, с переходным участком.

В ряде других выполненных автором расчетных и графических определений эффективных и неэффективных природоохранных мероприятий также получены достаточно совпадающие результаты. В целом можно полагать, что расчетный метод проще в применении, а графический – более нагляден и информативен.

Выбор для реализации из всей совокупности планируемых мероприятий только наиболее эффективных приводит к резкому сокращению стоимости природоохранных работ.

В анализируемом случае, определив расчетным методом, что число эффективных мероприятий ограничено первыми шестью, найдем их  $\Delta_T$  равным 95,85%, а капитальные затраты на них составляющими только 27,7% от всей совокупности запланированных работ (табл. 5). Следовательно, результат, превышающий 95%-ный чистый

токсикологический эффект всех запланированных мероприятий, при использовании метода критериального ранжирования можно получить при капитальных затратах всего 49,7 млн руб (запланировано 178 млн руб). Таким образом, было возможно их снижение в 3,6 раза при соответствующем увеличении  $\mathcal{E}_{\text{ТКВ}}$  в 3,4 раза.

При графическом методе к числу эффективных, как отмечено выше, отнесено 5 мероприятий, на долю которых приходится 86,81% суммарной токсикологической опасности завода и 20,96% (37,3 млн руб) всех капитальных затрат. Следовательно, 87%-ный чистый токсикологический эффект от всех запланированных мероприятий достигается при снижении капитальных вложений со 178 до 37,3 млн руб, или в 4,77 раза, и повышении  $\mathcal{E}_{\text{ТКВ}}$  в 4,14 раза.

Таким образом, представленные здесь и другие выполненные автором расчеты показывают, что метод критериального ранжирования, действительно, позволяет выделить наиболее эффективные природоохранные мероприятия. При этом капитальные затраты могут быть сокращены в 2-6 раз при величине  $\mathcal{E}_{\text{Т}}$  наиболее эффективных работ лишь на 5-15% меньшей, чем у исходной совокупности неотранжированных природоохранных мероприятий.

13.03.1999

Лотош Валерий Ефимович, докт. техн. наук, профессор

## Литература

1. Лотош В.Е. Теоретические основы критериального ранжирования процессов природопользования. – Экономика природопользования, 1998. – № 1. – с. 96-110.
2. Лотош В.Е. Технологии основных производств в природопользовании. – Екатеринбург: Уральский государственный экономический университет, 1998. – 536 с.

Токсическая опасность  $TO_1$  выбросов цехов ЗМЗ

	Цех	$TO_1$ , Гед					Всего	
		Пыль	$NO_2$	$SO_2$	CO	Другие	Гед	%
1.	МЦ№2	24878	8025	5411	5	144 <sup>1)</sup>	38463	34,85
2.	ЭСПЦ№1	22044	3417	478	21	–	25960	23,51
3.	ЭСПЦ№2	13277	1816	–	9	–	15102	13,68
4.	ПЦ№1	9172	–	–	–	–	9172	8,31
5.	ПЦ№3	3852	3458	–	36	–	7346	6,65
6.	ТКЦ	5334	709	–	27	16 <sup>2)</sup>	6086	5,51
7.	ЭСПЦ№3	2357	447	–	4	386 <sup>3)</sup>	3194	2,89
8.	ПЦ№2	2271	646	–	20	–	2937	2,66
9.	ОГЦ	2030	53	–	–	–	2083	1,94
Итого	Гед	85215	18571	5889	122	546	110343	–
	%	77,25	16,82	5,33	0,11	0,49	–	100

Примечание. 1 –  $V_2O_5$ ; 2 –  $H_2SO_4$ ; 3 – HF

## Основные источники выбросов в цехах

Цех	Источники выбросов	Выброс, Гед		Всего, от цеха		Общее количество точек выброса
		Пыль	NO <sub>2</sub>	Гед	%	
МЦ№2	МП-5	4272	2017	<u>24122</u> 8025	<u>96,96</u> 100,0	6
	МП-8	4068	1875			
	МП-6	4520	2133			
	МП-7	4242	2000			
	Оборудование цеха	7020	–			
ЭСПЦ№1	ДСП 3, 4,7-9, оборудование цеха	21378	1311	<u>21378</u> 2690	<u>96,98</u> 78,72	19
	Печь обжига доломита	–	1379			
ЭСПЦ№2	ДСП 10, 13-15, барабанная печь	8872	–	8872	66,82	68
ПЦ№1	Подвесные наждаки	1264	–	2528	27,56	30
	То же	1264	–			
ПЦ№3	1 гр клетей стана 350/500	1210	–	<u>1210</u> 2875	<u>31,41</u> 83,14	41
	Методические печи 1-3	–	2875			
ТКЦ	Адьюстаж	1026	–	1848	34,64	66
	Станок 41751	822	–			
Всего по основным источникам				<u>59958</u> 13590	<u>70,36</u> 73,18	По ЗМЗ 325

Примечание. В числителе – данные по пыли, в знаменателе – по диоксиду азота

Таблица 3

Чистая токсикологическая эффективность установок пылеулавливания по цехам завода за 1958-1996 г, Гед

Годы	ПЦ №1	ПЦ №2	ПЦ №3	ЭСПЦ №1	ЭСПЦ №2	ЭСПЦ №3	ТКЦ	ОГЦ	МЦ №2	Всего	Основные мероприятия
1958-1975		2			485			76		563	
1976	2500	1184			2778		1675	914		9051	5, 6, 10
1977-1979	160		1265		1174	1001		331		3931	1, 3, 12
1981, 1982, 1985	2446	483					1731			4660	8, 9
1986, 1988, 1990	1650		251	306						2207	
1991-1995	1400		1360	67		840	662			4329	4, 7, 11
1996							55		584	639	2
Всего	8156	1669	2876	373	4437	1841	4123	1321	584	25380	
%	32,14	6,58	11,33	1,47	17,48	7,25	16,25	5,20	2,30	100,0	

Примечание. Основные мероприятия по пылеулавливанию выполнены на следующем оборудовании: 1 – ДСП 10, 13-15, барабанная печь для сушки руды ЭСПЦ№2; 2 – аспирационно-техническая установка чистки изложниц МЦ№2; 3 – станок Ш7-36 №5 ЭСПЦ№3; 4 – первая группа клеток стана 350/500 ПЦ№3; 5 – стационарные наждаки ТКЦ; 6 – адьюстаж ТКЦ; 7 – станок А1751 ТКЦ; 8, 9 – подвесные наждаки ПЦ№1; 10 – система подвесных наждаков ЭСПЦ№2; 11 – подвесные наждаки П80 ПЦ№1; 12 – станок Ш705 ПЦ№3.

Таблица 4

Токсическая опасность  $TO_2$  выбросов цехов в атмосферу

Цех	$TO_2$		Э <sub>т</sub> цеха, % от ПВ <sub>1</sub>	$\frac{TO_2 \text{ цеха}}{TO_{2з-да}}$ , %
	Гед	% от $TO_1$		
МЦ№2	37879	98,48	2,35	44,58
ЭСЦ№1	25587	98,56	1,69	30,12
ЭСЦ№2	10665	70,62	33,42	12,55
ЭСЦ№3	1353	42,36	78,11	1,59
ПЦ№1	1016	11,08	88,92	1,20
ПЦ№2	1268	43,17	73,49	1,49
ПЦ№3	4470	60,85	74,66	5,26
ТКЦ	1963	32,25	77,30	2,31
ОГЦ	762	36,58	65,07	0,90
Всего	84963			100,0

Примечание. ПВ<sub>1</sub> – пылевывбросы в  $TO_1$



Таблица 5

## Атмосфероохранные мероприятия ЗМЗ по плану 1995 г.

Ранг	Мероприятие	Цех	К		Снижение выбросов		Э <sub>ткв</sub> , Кед/руб
			Млн руб	Сумма, %	Тонн	Сумма, %	
1.	Реконструкция газоочистки за нагревательными печами № 10,13-15	ЭСПЦ№2	1	0,56	70	26,39	1400
2.	Ввод в эксплуатацию очистной системы на установке чистки изложниц в отделении подготовки составов	МЦ№2	5	3,37	29,2	37,39	116,8
3.	Ремонт АТУ на зачистных станках <sup>1)</sup>	ПЦ№1	15	11,80	67	62,63	89,9
4.	Замена изношенных циклонов на станках ВСЗ 1,2,3	ПЦ№2	15	20,23	59,2	84,95	78,9
5.	Вывод из эксплуатации подвесных наждаков	ПЦ№3	1,3	20,96	5	86,81	76,9
6.	Оснащение печи №9 локальной газоочисткой	ЭСПЦ№1	12	27,7	24	95,85	40
7.	Доведение выбросов до норм ПДВ на заточных станках №№1,4	ЭСПЦ№2	2	28,82	1	96,23	20
8.	Продолжение реконструкции газоочистки за электропечью №41	ЭСПЦ№3	2	35,56	3	97,36	5
9.	Реконструкция пылеочистительной системы за обрешеченным станком №4	ТКЦ	6	38,93	1	97,74	3,3
10.	Ремонт АТУ на 3 <sup>ей</sup> группе клеток	ПЦ№3	8,7	43,82	1	98,12	2,3
11.	Пусконаладочные работы АТУ за барабаном глины	ОГЦ	20	55,06	2	98,87	2,0
12.	Реконструкция АТУ за барабаном песка	ОГЦ	80	100	3	100,0	0,75
Всего:			178		265,4		

Примечание. Ориентировочный результат по позициям №216-219 формы 2ТП-воздух ЗМЗ