

УДК 504.054:658.26:51.001.57 (574)

**ИЗУЧЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ  
ПРОМЫШЛЕННЫМ ПРЕДПРИЯТИЕМ МЕТОДОМ  
МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Канд. хим. наук Р.Х. Тургумбаева

Доктор техн. наук С.С. Омаров

*Статистической обработкой данных построены корреляционные поля и получены регрессионные уравнения зависимости выхода газообразных выбросов, твердых отходов производства и водопотребления от объема выпускаемой продукции. Полученные уравнения регрессии позволяют определить степень загрязнения окружающей среды промышленным предприятием.*

Масштабы промышленного производства, вовлечение в сферу переработки бедных по содержанию полезного компонента источников сырья приводит к увеличению объемов отходов производства, загрязняющих среду, изменяющих геохимический фон и создающих техногенные геохимические аномалии.

В связи с этим в местах концентрации промышленных предприятий нередко наблюдается четко выраженная деградация окружающей среды, а сами промышленные районы превращаются в очаговые зоны структурной перестройки природных ландшафтов с нарушением естественных функциональных звеньев и заменой их искусственными.

Целью данной работы является получение математических уравнений, позволяющих определить степень загрязнения окружающей среды отходами промышленного предприятия, перерабатывающего фосфориты.

Для составления математических моделей была проведена обработка исходного материала в режиме нормальной эксплуатации предприятия методами классического регрессионного и корреляционного анализа. Для осуществления анализа были использованы методы математической статистики [1, 2].

При моделировании промышленного предприятия было проведено исследование зависимости выбросов газообразных загрязняющих веществ в окружающую среду, твердых отходов производства и общего водопотребления от объема выпускаемой предприятием продукции. Статистиче-

ский анализ был проведен через выявление регрессионных уравнений зависимости выходов каждого из исследуемых отходов, а также всех вместе взятых от уровня производства фосфора. Таким образом, отдельное уравнение было определено для каждой из исследуемых зависимостей.

Газообразные выбросы рассматриваемого предприятия, вследствие выпуска нескольких видов продукции отличаются многообразием и представлены сернистым газом, оксидами углерода (II), азота (II), фосфора, аммиаком, фосфином, фтористым водородом. Для указанных загрязняющих веществ были определены поля корреляции. На рис. 1. приведено корреляционное поле зависимости выбросов сернистого газа от объема выпускаемого фосфора. Видно, что между количеством выбросов  $SO_2$  и объемом продукции наблюдается положительная, близкая к линейной функциональной, корреляция.

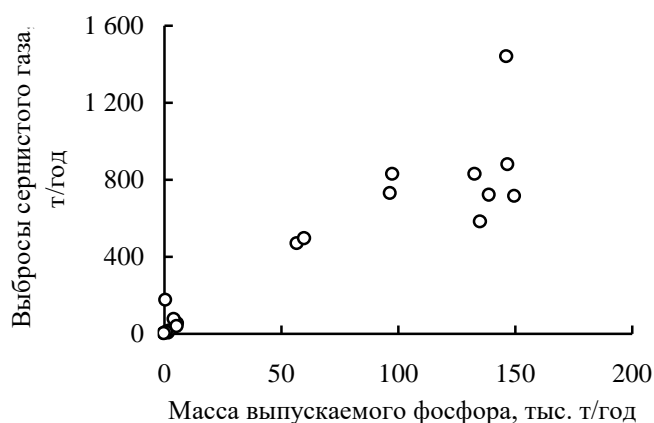


Рис. 1. Корреляционное поле зависимости количества выбросов сернистого газа и объема выпускаемого фосфора.

Вид корреляционных полей зависимости выбросов оксида углерода (II), оксида фосфора, аммиака, фосфина, фтористого водорода указывает на наличие во всех случаях исследуемых величин аналогичной положительной корреляционной зависимости, имеющей линейный характер. Изучение зависимости выбросов оксидов азота от объема выпускаемого фосфора указывает на параболический характер корреляционной зависимости рассматриваемых величин.

Твердыми отходами предприятия являются шлаковый камень, котельное «молоко», фосфоритная мелочь, аспирационная пыль, коксовая мелочь, «бедный» фосфошлак, бытовые отходы. Корреляционные поля зависимости количества суммы твердообразных отходов и общего потреб-

ления предприятием воды от количества производимого фосфора указывают на наличие положительной корреляции (рис. 2, 3).

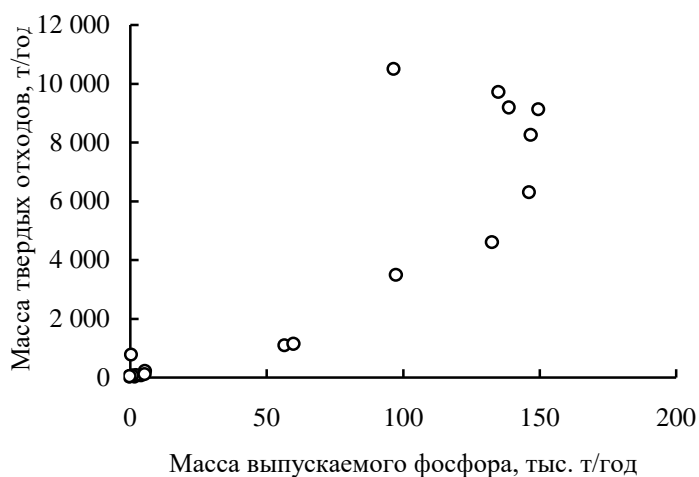


Рис. 2. Корреляционное поле зависимости массы твердых отходов и объема выпускаемого фосфора.

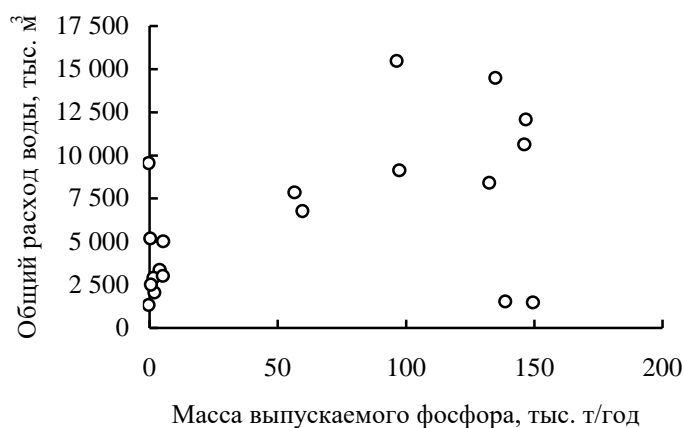


Рис. 3. Корреляционное поле зависимости общего расхода воды и объема выпускаемого фосфора.

Зависимости между рассмотренными параметрами выражаются в общем виде уравнением:  $y = b_0 + b_1x$ , где  $x$  – выпуск фосфора;  $y$  – выброс загрязняющего вещества.

Математические модели зависимостей выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду от количества производимого фосфора имеют вид:

$y = 44,3 + 6,07x,$	где $y$ – количество $SO_2$ ;
$y = 21,84 + 5,0x,$	где $y$ – количество $CO$ ;
$y = 35,5 + 0,81x,$	где $y$ – количество $NO$ ;
$y = 33,0 + 10,44x,$	где $y$ – количество $P_2O_5$ ;
$y = -10,7 + 2,71x,$	где $y$ – количество $NH_3$ ;
$y = -0,75 + 0,26x,$	где $y$ – количество $PH_3$ ;
$y = -15,6 + 1,97x,$	где $y$ – количество $HF$ ;
$y = 4268,3 + 34,5x,$	где $y$ – общий расход воды;
$y = -159,2 + 57,0x,$	где $y$ – количество твердых отходов.

Статистический анализ результатов, заключался в проверке значимости коэффициентов уравнений регрессии и адекватности полученных уравнений эксперименту. Оценка значимости коэффициентов проведена по величине критерия Стьюдента:  $t_{cm} = b_j/S_{bj}$ , где  $b_j$  –  $j$ -й коэффициент уравнения регрессии;  $S_{bj}$  – среднее квадратичное отклонение  $j$ -го коэффициента.

Из данных, приведенных в табл. 1, видно, что выпуск фосфора статистически значим в пределах интервала значимости 95 %, так как значения  $t_{cm}$  для всех видов исследуемых выбросов больше табулированного значения  $t_{cm} = 2,11$  для выборки  $N = 19$  и числа степеней свободы  $f = 17$ .

Проверка адекватности полученных уравнений по величине критерия Фишера ( $F$ ) показала, что для всех исследуемых параметров значения  $F$  больше табулированного значения критерия Фишера  $F = 2,3$  для уровня значимости 95 % и чисел степеней свободы  $f_1 = 18$  и  $f_2 = 17$ . Следовательно, полученные уравнения регрессии от одного параметра адекватны эксперименту.

Таблица 1

Значения коэффициентов уравнений линейной корреляции выбросов и критериев их оценки

Выброс	Коэффициент		$t_{cm}$	$F$
	$b_0$	$b_1$		
Сернистый газ	44,30	6,07	9,43	88,89
Оксид углерода (II)	21,84	5,00	8,63	74,43
Оксиды азота	35,50	0,81	4,66	21,72
Оксид фосфора	33,00	10,44	10,42	108,69
Аммиак	-10,71	2,71	8,59	73,76
Фосфин	-0,75	0,26	11,04	121,88
Фтористый водород	-15,59	1,96	3,51	12,36
Водопотребление	4268,32	34,49	2,30	5,29
Твердые отходы	-159,19	57,01	8,33	69,34

Обобщенное уравнение, описывающее связь между объемом произведенного фосфора и количеством всех загрязняющих окружающую среду веществ рассматриваемого производства, имеет вид:

$y = 6,40 + 0,10 x_1 + 0,06 x_2 - 0,17 x_3 + 0,02 x_4 + 0,16 x_5 - 1,11 x_6 + 0,07 x_7$ ,  
 где  $y$  – масса выпускаемого фосфора,  $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7$  – объем газообразных выбросов:  $SO_2, CO, NO, P_2O_5, NH_3, PH_3, HF$ .

Оценка значимости коэффициентов показала, что при производстве фосфора переменные выбросов сернистого газа, оксида углерода (II), аммиака, фосфина, фтористого водорода являются статистически значимыми, так как величина критерия Стьюдента для них в пределах интервала уверенности 95% и числе степеней свободы  $f = 18$  выше табулированного значения  $t_{cm} = 2,1$  (табл. 2). Переменные остальных выбросов: оксид азота, оксид фосфора, твердые отходы и водопотребление не являются статистически значимыми при выпуске фосфора.

Расчетное значение критерия Фишера  $F = 203,9$  значительно выше табулированного  $F = 3,0$  в пределах интервала уверенности 95 % при числе степеней свободы  $f_1 = 18$  и  $f_2 = 9$ , что свидетельствует об адекватности полученного уравнения регрессии эксперименту.

Таблица 2

Значения коэффициентов уравнения множественной корреляции выбросов и критериев их оценки при производстве фосфора

Выброс	$b_j$	$t_{cm}$
Сернистый газ	0,10	5,77
Оксид углерода (II)	0,06	3,10
Оксид азота (II)	0,17	-2,06
Оксид фосфора	0,02	1,28
Аммиак	0,16	2,87
Фосфин	1,11	-2,12
Фтористый водород	0,07	3,27
Водопотребление	0,00	-1,99
Твердые отходы	0,00	-0,80

Таким образом, изучение загрязнения окружающей среды промышленным предприятием методом математического моделирования показало, что при производстве фосфора значимыми являются выбросы сернистого газа, оксида углерода, аммиака, фосфина, фтористого водорода.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ахназарова С.Л., Кафаров В.В.. Оптимизация эксперимента в химии и химической технологии. – М.: Высшая школа, 1978. – 319с.
2. Peter Kennedy. A Guide to Econometrics. – The MIT Press Cambridge, Massachusetts, 1992. – 410 p.

Казахский Национальный педагогический университет им. Абая  
 Институт химических наук им. Бектурова НАН РК

## **ӨНДІРІСТІК КӘСІПОРЫННЫҢ ҚОРШАУ ОРТАНЫҢ ЛАСТАУЫН МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУ ӘДІСІМЕН ЗЕРТТЕУ**

Хим. ғылымд. канд.

Р.Х. Тұрғымбаева

Техн. ғылымд. докторы

С.С.Омаров

*Статистикалық өңдеумен түзетілген өрістер құрастырылып, өндірістік газ күйіндегі ауаны ластайтын заттардың, қатты қалдықтардың, және су пайдаланудың шығарылатын өнім көлеміне байланысты регрессиялық теңдеулер алынған. Осы регрессиялық теңдеулер өндірістік кәсіпорынның қоршаған ортаны ластау дәрежесі математикалық модельдеу әдісімен зерттелген.*