

¹Кадирбекова А.А., ²Сабденбекова Г.Т., ²Оспанова А.С.,
¹Казова Р.А., ³Ленчке Я.

¹Казахский национальный исследовательский
технический университет имени К.И. Сатпаева, Казахстан, г. Алматы
²ЧУ Политехнический колледж корпорации «Казахмыс», Казахстан, г. Балхаш
³Берлинский университет Гумбольдта, Германия, г. Берлин
*e-mail: zhaku84@mail.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ВЛИЯНИЯ АЭРОПОЛЛЮТАНТОВ НА СТЕПЕНЬ ОЧИСТКИ ВЫБРОСОВ ПРЕДПРИЯТИЯ

Проведен мониторинг состояния атмосферы и выполнено моделирование процесса очистки выбросов и определены оптимальные условия. Применен метод планирования эксперимента, в основу которого положена нелинейная множественная корреляция. На основе латинских квадратов составляется многофакторная матрица планирования, в которой заданы уровни (p) изучаемых факторов (обычно $p=5$). Структура матрицы такова, что при проведении всех экспериментов по плану $n = P^2$ число экспериментов (n) будет $n=5^2$, уровень любого фактора сочетается один раз с каждым уровнем всех остальных факторов. Этим обеспечивается усреднение действия изучаемого фактора при выборке результатов эксперимента на любой уровень любого фактора. Критерием полноты протекания процесса является степень превращения вещества, в экологии – это степень загрязнения окружающей среды, в технологическом процессе – это степень превращения исходных веществ с переходом в продукт, степень извлечения полезного компонента, степень кристаллизации и т.п.

Выполнен анализ моделей для алгебраического описания функций. Анализ частных функций показал, что наиболее сильнодействующие факторы – это концентрация неорганической пыли (X_1), продолжительность взаимодействия (X_3) и температура окружающей среды (X_4).

Ключевые слова: моделирование, множественная корреляция, фактор, аэрополлютант, матрица планирования, степень загрязнения, уровни факторов, частная зависимость.

¹Kadirkbekova A.A., ²Sabdenbekova G.T., ²Ospanova A.S.,
¹Kazova R.A., ³Lentschke J.

¹Kazakh National Research Technical University after K.I. Satpaev, Kazakhstan, Almaty
²Politechnic college of Corporation Kazakhmys, Kazakhstan, Balkhash
³Humboldt University of Berlin, Germany, Berlin
*e-mail: zhaku84@mail.ru

Modeling the regularities of an impact of air pollutants on the degree of cleaning the wastes of company

In accordance with results of the monitoring was doing fulfilment the mathematical planning of process of purifying of emissions on the enterprise and defined the optimal conditions of catching soiling substances. It was used method of planning of experiments, which based on the non-linear multiply correlation. On the basis of Latin squares created of matrixx the mathematical planning and given levels (p) of studied factors (usually $p=5$). The structure of the matrix is such, that if fulfil all experiments in accordance to plane $n = p^2$, numbers of experiments (n) will $n=5^2$ i.e. $n=25$ and of level any factor has combination with level of other factor only one time. The criterion of completeness current of process is degree interaction. In the ecology – degree of soiling of environment, in technology – is degree of turning of initial substances with forming ended product, degree crystallization et ctr.

The analysis of modules for mathematical description of the functions is done. Analyses of the private functions showed, that the most effusion and strong influencing factors are concentration of the inorganic dust (X1), duration of interaction (X3) and temperature of environment (X4).

Key words: modeling, multiple correlation, factor, air pollutant, matrix of planning, degree of pollution, levels of factors, private dependence.

¹Кадирбекова А.А., ²Сабденбекова Г.Т., ²Оспанова А.С.,

¹Казова Р.А., ³Ленчке Я.

¹Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

²ЖМ «Қазақмыс» корпорациясының политехникалық колледжі, Қазақстан, Балқаш қ.

³Гумбольдт атындағы Берлин университеті, Германия, Берлин қ.

*e-mail: zhaku84@mail.ru

Аэрополлютанттардың кәсіпорын қалдықтарын тазалау дәрежесіне әсер ету заңдылықтарын үлгілеу

Атмосфералық жүйеге мониторинг жүргізіліп, қалдықтардан тазарту процесі моделденді және оған тиімді жағдайлар анықталды. Негізі көптік сызықтық емес байланыс болып табылатын тәжірибені жаспарлау әдісі қолданылған. Латын квадраттары негізінде зерттелетін факторлар кезеңдері (р) берілген (әдетте $p=5$) көпфакторлы жоспарлау матрицасы жасалады. Матрицаның құрылымы мынадай: $n = P^2$ жоспар бойынша жасалған барлық тәжірибелердің саны (n) $n = 5^2$ тең, кез келген фактордың кезеңі қалған барлық факторлардың әрбір кезеңімен бір рет үйлестіріледі. Бұл кез келген фактордың кез келген кезеңінің нәтижесін таңдаған кезде зерттелетін фактордың әрекеттің орташа мәнін табуды қамтамасыз етеді. Заттың ауысу дәрежесі, процестің толық жүру критериясы болып табылады. Экологияда ол қоршаған ортаны ластау дәрежесі, технологиялық процесте – заттың бастапқы күйден өнімге айналу дәрежесі, пайдалы өнімді алу дәрежесі, кристалдану дәрежесі және т.с.

Мониторингті талдау нәтижесі экожүйеге қатты әсер ететін факторларды анықтайды. Функцияны алгебралық сипаттаудың моделінің талдауы анықталған. Жеке функцияларды талдау (1) – (4) қатты әсер ететін факторлардың бейорганикалық шаң концентрациясы (X_1), өзара әрекеттесу ұзақтылығы (X_2) және қоршаған орта температурасы (X_4) екендігін көрсетті.

Түйін сөздер: модельдеу, көптік байланыс, фактор, аэрополлютант, жаспарлау матрицасы, ластану дәрежесі, фактор деңгейі, жеке тәуелділік.

Методика моделирования

В основе взаимодействия в сложной экосистеме лежит некоторая многофакторная зависимость. Планирование многофакторного эксперимента позволяет найти явную функцию (эмпирическую зависимость), описывающую с приемлемым приближением влияние изучаемых факторов на конечный результат (Малышев, 1989:34).

Нами применен метод планирования эксперимента, в основу которого положена нелинейная множественная корреляция. Кроме того, возможен кинетический анализ процесса на основе обобщенного уравнения (математической модели). На основе латинских квадратов составляется многофакторная матрица планирования, в которой заданы уровни (р) изучаемых факторов (обычно $p=5$). Структура матрицы такова, что при проведении всех экспериментов по плану $n = P^2$ число экспериментов (n) будет $n=5^2$, уровень любого фактора сочетается один раз с каждым уровнем всех остальных факто-

ров. Этим обеспечивается усреднение действия изучаемого фактора при выборке результатов эксперимента на любой уровень любого фактора (Малышев, 1989:34; Казова, 2008:56-59; Draper 1965:473-478).

Уровни факторов определяют область факторного пространства. При проведении экологических, химических и технологических экспериментов необходимы априорные знания, чтобы задавать уровни факторов в соответствии с требованиями оптимизации процесса. Критерием полноты протекания процесса, как известно (Draper, 1965:473-478; Kazova, 2014:147-151; Шеннон, 1963:243-332; Малышев, 2009:126-132), является степень превращения вещества, в экологии – степень загрязнения окружающей среды (ОС), в технологическом процессе – это степень превращения исходных веществ с переходом в продукт, степень извлечения полезного компонента, степень кристаллизации и т.п. Этот критерий – зависимая величина (функция Y_p).

По результатам опытов из полученного массива экспериментальных значений степени

превращения вещества (Y, %) проводится выборка согласно плану-матрице для построения частных зависимостей, описывающих влияние отдельных факторов (например, температуры, продолжительности, класса материала и др) на Y_p . После определения закономерностей производится аппроксимация с получением аналитической формы частных функций:

$$Y_1 = f(X_1); Y_2 = f(X_2) \dots Y_n = f(X_n) \quad (1)$$

Объединение частных функций в обобщенную функцию:

$$Y_{об} = Y_1, Y_2, \dots, Y_n / G^{n-1}, \quad (2)$$

где Y_1, Y_2, \dots, Y_n – частные функции,
 X_1, X_2, \dots, X_n – факторы (независимые переменные),

n – число факторов,

G^{n-1} – генеральное среднее.

Частные зависимости анализируются на значимость с помощью коэффициента нелинейной множественной корреляции:

$$R = 1 - \sqrt{(N-1) \times (Y_{\bar{y}} - Y_T) / (N-K-1) \times (Y_{\bar{y}} - Y_e)} \quad (3)$$

Входит в формулу значимости функции:

$$t_r = R \sqrt{\frac{(N-K-1)}{(1-R^2)}}, \quad (4)$$

где N – число описываемых точек,

K – число действующих факторов,

$Y_{\bar{y}}$ – экспериментальный результат,

Y_T – теоретический (расчетный) результат,

Y_{cp} – генеральная средняя.

Генеральная средняя – это сумма всех результатов расчетного массива, деленная на число матричных экспериментов.

По результатам мониторинга состояния атмосферы (Тихомиров, 2003:350; Нестеров, 2002:247; Лукин, 1998:270; Малышев, 2010:74-82) (таблица 1) выполнено моделирование процесса очистки выбросов и определены оптимальные условия улавливания пыли (Малышев, 2011:307; Robie, 1978:456; Спиридонов, 1970:221; Kern, 2002:421; Kovalczuk, 2008:94-100). В таблице 1 представлены данные по концентрации загрязняющих веществ (ЗВ) в выбросах предприятия с указанием нормативов (ПДК_{с.с.}, ПДК_{м.р.}) (Малышев, 2009:126-132; Тихомиров, 2003:350; Малышев, 2009:2-8; Kazhikenova, 2012:335-337; Горшков, 1982:187-208).

Таблица 1 – Концентрации загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу предприятием

№ п / п	Наименование ингредиентов	Концентрация в воздухе, мг / м ³	
		ПДК _{с.с.}	ПДК _{м.р.}
1	Пыль неорганическая (SiO ₂ 20-70%)	0,1	0,3
2	Оксид углерода (газ)	3,0	5,0
3	Оксид углерода (мазут)	3,0	5,0
4	Пыль асбестосодержащая	0,15	0,5
5	Диоксид азота (газ)	0,04	0,085
6	Диоксид азота (мазут)	0,04	0,085
7	Углерод черный (сажа)	0,05	0,15
8	Оксид железа	0,04	-

Доля вклада ингредиентов показана в таблице 2.

Таблица 2 – Доля вклада загрязняющих веществ в валовом выбросе

№ п / п	Наименование вещества	ПДК _{м.р.} , мг/ м ³	Валовый выброс		Доля вклада, %
			г / сек	т/ год	
1	Пыль неорганическая (SiO ₂ 20-70%)	0,3	188,7	2976,904	43,52
2	Оксид углерода (газ)	5,0	14,12	222,669	3,26
3	Оксид углерода (мазут)	5,0	10,52	166,035	2,43
4	Пыль асбестосодержащая	0,5	208,2	3283,877	48
5	Диоксид азота (газ)	0,085	6,58	103,831	1,52
6	Диоксид азота (мазут)	0,085	5,27	83,138	1,22
7	Углерод черный (сажа)	0,15	0,16	2,581	0,04
8	Оксид железа	-	0,053	0,844	0,01
	Всего		433,603	6839,879	100

* При T работы оборудования = 4380 ч/год

Экспериментальные данные

Экспериментальные исследования являются основным источником получения достоверных сведений об объектах реального мира. Такие исследования проводятся с целью выбора рациональных технологических режимов функционирования или оптимизации параметров систем, оценки степени выполнения заданных требований к создаваемым изделиям, выяснения закономерностей функционирования, анализа влияния факторов на показатели качества.

В таблице 3 приведены уровни факторов, распределение их на основе латинского квадрата (Korovin, 2011:77-100; Соложенкин, 2014:263; Казова, 2015:273; Korovin, 1993:299-305; Korovin, 2009:95; Riveros, 2001:27; Roine, 2002:91-98). Экспериментально определена степень загрязнения среды. В таблице 3 приведены уровни факторов. Методически это можно осуществить на основе замеров в начале и в конце эксперимента. Сопоставительные анализ позволил определить выход загрязняющего вещества (таблица 3).

Таблица 3 – Область факторного пространства

Факторы	Уровни факторов				
	1	2	3	4	5
SO ₂ , X ₁ , мг/м ³	0,1	0,15	0,20	0,25	0,3
CO ₂ , X ₂ , мг/м ³	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
Продолжительность, X ₃ , мин.	2	4	10	15	20
Температура, X ₄ , °C	10	15	20	25	30

Таблица 4 – Четырехфакторная матрица планирования экспериментов

№ опыта	Концентрация пыли неорганической, X ₁ , мг/м ³		Концентрация пыли асбестосодержащей, X ₂ , мг/м ³		Продолжительность, X ₃ , мин.		Температура, X ₄ , °C		Степень очистки, % У ₃ -эксперимента
	Уровень	Значение	Уровень	Значение	Уровень	Значение	Уровень	Значение	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	0,1	1	1,0	1	2	1	10	80,0
2	1	0,1	3	3,0	3	10	3	20	92,3
3	1	0,1	2	2,0	2	4	2	15	86,1
4	1	0,1	5	4,0	5	20	5	30	94,6
5	1	0,1	4	5,0	4	15	4	25	93,9
6	3	0,20	1	1,0	3	10	2	15	94,0
7	3	0,20	3	3,0	2	4	5	30	98,1
8	3	0,20	2	2,0	5	20	4	25	98,5
9	3	0,20	5	4,0	4	15	1	10	91,3
10	3	0,20	4	5,0	1	2	3	20	97,1
11	2	0,15	1	1,0	2	4	4	25	97,9
12	2	0,15	3	3,0	5	20	1	10	85,4
13	2	0,15	2	2,0	4	15	3	20	94,1
14	2	0,15	5	4,0	1	2	2	15	90,4
15	2	0,15	4	5,0	3	10	5	30	98,0
16	5	0,3	1	1,0	5	20	3	20	99,0
17	5	0,3	3	3,0	4	15	2	15	98,2
18	5	0,3	2	2,0	1	2	5	30	99,6
19	5	0,3	5	4,0	3	10	4	25	99,7
20	5	0,3	4	5,0	2	4	1	10	96,6

Продолжение таблицы 4

№ опыта	Концентрация пыли неорганической, X ₁ , мг/м ³		Концентрация пыли асбестосодержащей, X ₂ , мг/м ³		Продолжительность, X ₃ , мин.		Температура, X ₄ , °С		Степень очистки, % Y _э -эксперимента
	Уровень	Значение	Уровень	Значение	Уровень	Значение	Уровень	Значение	
21	4	0,25	1	1,0	4	15	5	30	99,0
22	4	0,25	3	3,0	1	2	4	25	98,5
23	4	0,25	2	2,0	3	10	1	10	94,0
24	4	0,25	5	4,0	2	4	3	20	98,1
25	4	0,25	4	5,0	5	20	2	15	97,7

Обобщенное уравнение, описывающее влияние всех изучаемых факторов на степень очистки, выглядит следующим образом:

$$Y = \frac{\sum \alpha}{n} = \frac{2372,1}{25} = 94,9 \quad (5)$$

Таблица 5 – Расчет значений частных функций

	1	2	3	4	5	6
№ фактора	X ₁					Y _{ср}
	80,0	97,9	94,0	99,0	99,0	
	92,3	85,4	98,1	98,5	98,2	
	86,1	94,1	98,5	94,0	99,6	
	94,6	90,4	91,3	98,1	99,7	
	93,9	98,0	97,1	97,7	96,6	
Итого:	89,4	93,2	95,8	97,5	98,6	94,9
№ фактора	X ₂					
	80,0	86,1	92,3	93,9	94,6	
	94,0	98,5	98,1	97,1	91,3	
	97,9	94,1	85,4	98,0	90,4	
	99,0	99,6	98,2	96,6	99,7	
	99,0	94,0	98,5	97,7	98,1	
Итого:	94,0	94,5	94,5	96,7	95,0	94,9
№ фактора	X ₃					
	80,0	86,1	92,3	93,9	94,6	
	94,0	98,5	98,1	97,1	91,3	
	97,9	94,1	85,4	98,0	90,4	
	99,0	99,6	98,2	96,6	99,7	
	99,0	94,0	98,5	97,7	98,1	
Итого:	94,0	94,5	94,5	96,7	95,0	94,9
№ фактора	X ₄					
	80,0	86,1	92,3	93,9	94,6	
	91,3	94,0	97,1	98,5	98,1	
	85,4	90,4	94,1	97,9	98,0	
	96,6	98,2	99,0	99,7	99,6	

	1	2	3	4	5	6
	94,0	97,7	98,1	98,5	99,0	
Итого:	89,5	93,3	96,1	97,7	97,9	94,9

Выборка из экспериментального массива для построения частных функций

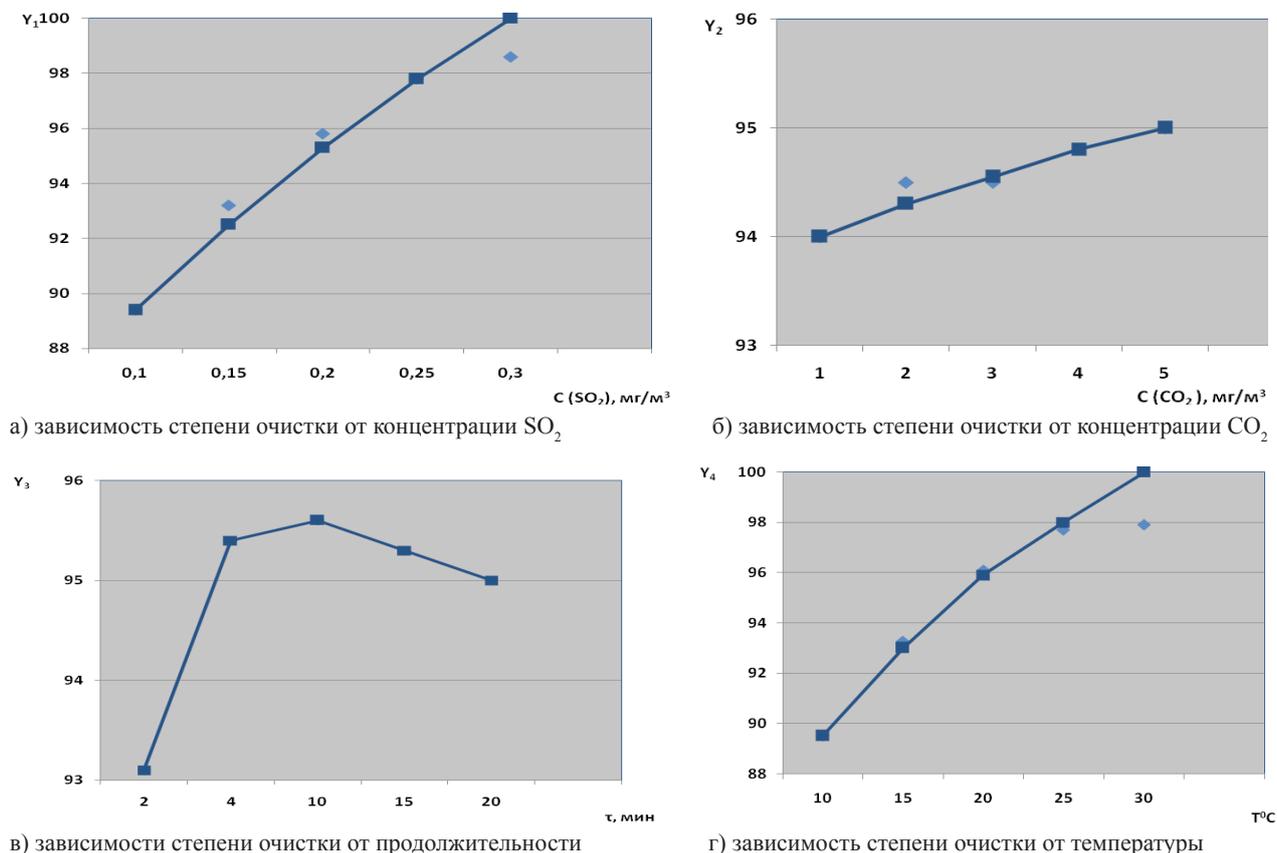


Рисунок 1 – Выборка на точечные графики

После выборки экспериментальных данных получены частные функции (Y₁, Y₂,...Y₄), описывающие влияние отдельных факторов на степень загрязнения окружающей среды.

Аппроксимация частных функций

Определение коэффициентов линейных функций Y₁, Y₂, Y₄ выполнено с применением метода наименьших квадратов. Функция Y₃ описывается уравнением Ерофеева-Колмогорова, (Roine, 2002:91-98; Bakshi, 2010:76; Chen, 2010:85; Korovin, 2008:261-301).

Таблица 6 – Определение коэффициентов частных функций

№ точки	X	Y	X ²	XY
1	0,2	89,4	0,04	17,88
2	0,25	93,2	0,0625	23,3
3	0,3	95,8	0,09	28,74
4	0,35	97,5	0,1225	34,125
5	0,4	98,6	0,16	39,44
Σ	1,5	474,5	0,475	143,485

$$y = a + bx \quad (6)$$

$$b = \frac{n\sum XY - \sum X \sum Y}{n\sum X^2 - (\sum X)^2} \quad (7)$$

$$b = \frac{5 \cdot 143,485 - 1,5 \cdot 474,5}{5 \cdot 0,475 - (1,5)^2} = \frac{5,675}{0,125} = 45,4$$

$$a = \frac{\sum Y - b\sum X}{n} \quad (8)$$

$$a = \frac{474,5 - 45,4 \cdot 1,5}{5} = 81,28$$

Уравнение функции:

$$Y_1 = 81,28 + 45,4X_1 \quad (9)$$

По формуле (9) рассчитываем теоретическое значение функции:

$$\begin{aligned} Y_{1-1} &= 81,28 + 45,4 \cdot 0,2 = 90,36 \\ Y_{1-2} &= 81,28 + 45,4 \cdot 0,25 = 92,63 \\ Y_{1-3} &= 81,28 + 45,4 \cdot 0,3 = 94,9 \\ Y_{1-4} &= 81,28 + 45,4 \cdot 0,35 = 97,17 \\ Y_{1-5} &= 81,28 + 45,4 \cdot 0,4 = 99,44 \end{aligned}$$

Таблица 7 – Определение коэффициентов частных функций

№ точки	X	Y	X ²	XY
1	0,3	94,0	0,09	28,2
2	0,35	94,5	0,1225	33,075
3	0,4	94,5	0,16	37,8
4	0,45	96,7	0,2025	43,515
5	0,5	95,0	0,25	47,5
Σ	2	474,7	0,825	190,09

По формулам (7) и (8) получаем:

$$b = \frac{5 \cdot 190,09 - 2 \cdot 474,7}{5 \cdot 0,825 - (2)^2} = \frac{1,05}{0,125} = 8,4$$

$$a = \frac{474,7 - 8,4 \cdot 2}{5} = 91,58$$

Уравнение функции:

$$Y_2 = 91,58 + 8,4X_2 \quad (10)$$

По формуле (10) рассчитываем теоретическое значение функции:

$$\begin{aligned} Y_{2-1} &= 91,58 + 8,4 \cdot 0,3 = 90,36 \\ Y_{2-2} &= 91,58 + 8,4 \cdot 0,35 = 92,63 \\ Y_{2-3} &= 91,58 + 8,4 \cdot 0,4 = 94,9 \\ Y_{2-4} &= 91,58 + 8,4 \cdot 0,45 = 97,17 \\ Y_{2-5} &= 91,58 + 8,4 \cdot 0,5 = 99,44 \end{aligned}$$

Функция y_3 описывается уравнением Колмогорова-Ерофеева

$$Y_3 = 1 - e^{-k\tau^n}, \quad (11)$$

где Y_3 – степень очистки выбросов, %;
 τ (X_3) – продолжительность воздействия, мин;

k, n – коэффициенты уравнения, характеризующие кинетику процесса.

Анализ функции y_3 , включая линеаризацию функции в координатах (Extraction process, 2008:261-299; Казова, 2014:40-45).

$$\log[-\log(1 - \alpha)] - \log \tau$$

применительно к условиям эксперимента:

$$e^{-k\tau^n} = 1 - \alpha, \text{ где } \alpha = y_3$$

$$\log(1 - \alpha) = -k\tau^n$$

$$k\tau^n = -\log(1 - \alpha)$$

$$\log k + n \log \tau = \log[-\log(1 - \alpha)]$$

$$\log[-\log(1 - \alpha)] = \log k + n \log \tau$$

Расчет коэффициентов функции y_3 выполняется по данным таблицы 8.

По формулам (7) и (8) получаем коэффициенты для функции y_3 :

$$b = \frac{5 \cdot 1,5943 - 3,885 \cdot 0,5609}{5 \cdot 3,4326 - (3,885)^2} = \frac{5,7924}{2,0698} = 2,7985$$

$$a = \frac{0,5609 - 2,7985 \cdot 3,885}{5} = -2,0622$$

Таблица 8 – Расчет функции y_3

№ точки	τ	$\log \tau$	$\alpha_{\text{расчет}}$	$1-\alpha$	$\log(1-\alpha)$	$\log[-\log(1-\alpha)]$	X^2	XY
1	2	0,301	0,931	0,069	-1,1611	0,0648	0,0906	0,0195
2	4	0,602	0,954	0,046	-1,3372	0,1262	0,3624	0,0759
3	8	0,903	0,956	0,044	-1,3565	0,1324	0,8154	0,1195
4	10	1	0,953	0,047	-1,3279	0,1232	1	0,1232
5	12	1,079	0,950	0,05	-1,3010	0,1143	1,1642	1,2562
Σ		3,885				0,5609	3,4326	1,5943

Таблица 9 – Определение коэффициентов частных функций

№ точки	X	Y	X^2	XY
1	10	89,5	100	895
2	15	93,28	225	1399,2
3	20	96,1	400	1922
4	25	97,7	625	2442,5
5	30	97,9	900	2937
Σ	100	474,48	2250	9595,7

По формулам (7) и (8) получаем:

$$b = \frac{5 \cdot 9595,7 - 100 \cdot 474,48}{5 \cdot 2250 - (100)^2} = \frac{530,5}{1250} = 0,4244$$

$$a = \frac{474,48 - 0,4244 \cdot 100}{5} = 86,408$$

Уравнение функции: $Y_4 = 81,28 + 45,4X_4$ (12)

По формуле (12) рассчитываем теоретическое значение функции:

$$Y_{4-1} = 86,408 + 0,4244 \cdot 10 = 90,6$$

$$Y_{4-2} = 86,408 + 0,4244 \cdot 15 = 92,8$$

$$Y_{4-3} = 86,408 + 0,4244 \cdot 20 = 94,9$$

$$Y_{4-4} = 86,408 + 0,4244 \cdot 25 = 97,0$$

$$Y_{4-5} = 86,408 + 0,4244 \cdot 30 = 99,1$$

Анализ частных функций (1)-(4) показал, что наиболее сильнодействующие факторы – кон-

центрация неорганической пыли (X_1), продолжительность взаимодействия (X_3) и температура окружающей среды (X_4). Функция степени очистки от концентрации неорганической пыли описывается линейной зависимостью с заметной крутизной возрастания (рисунок 1, а). Фактор времени воздействует на окружающую среду по экспоненциальному кинетическому закону: при продолжительности 8 минут наступает стабилизация степени очистки (рисунок 1, в). Увеличение температуры приводит к заметному возрастанию степени очистки выбросов в окружающую среду (рисунок 1, г). Обобщенное уравнение используется для прогнозирования степени очистки выбросов при изменении независимых переменных ($X_1 - X_5$), т.е. функция $Y_{об.} = f(X_1, X_2, X_3, X_4)$ описывает динамику процесса очистки выбросов предприятия при изменении изучаемых независимых факторов.

Выводы

В результате моделирования процесса влияния аэрополлютантов на состояние атмосферы получены закономерности, которые описываются частными уравнениями. Выполнен анализ моделей для алгебраического описания функций.

Влияние концентрации неорганической пыли и температуры описывается линейной зависимостью, а закономерность воздействия продолжительности отвечает экспоненциальному закону.

Литература

- 1 Малышев В.П. Математическое моделирование химического и металлургического эксперимента. – Алматы: Наука, 1989. – С. 34.
- 2 Казова Р.А. Моделирование обезвреживания техногенных материалов. //Материалы XI-ой международной научной-технической конференции «Новое в безопасности жизнедеятельности. Экология». – Алматы: Изд-во КазНТУ имени К.И. Сатпаева, 2008. – С. 56-59.

- 3 Draper N., Lawrence W. «Mixture desides for four factors». Journ.Roy Statistic.Soc. – V.3. – B.27. (1965):473-478.
- 4 Kazova R., Kadirbekova A., Lentschke J., Tolepbaeva A. «Mathematical planning of influence of enterprise on condition of soil». VIII International of Beremzhanov Forum «Chemistry and chemical technology». Ust-Kamenogorsk. Part 2. (2014) : 147-151.
- 5 Шеннон К. Математическая теория связи. Работы по теории информации и кибернетике. – М.: ИЛ, 1963. – С. 243-332.
- 6 Малышев В., Кажикенова С. Информационные оценки технологических переделов в цветной металлургии. / Вестник Национальной инженерной академии наук. – 2009. – №2(32). – С. 126-132.
- 7 Тихомиров Н., Потравный И., Тихомирова Г. Методы анализа и управления эколого-экономическими рисками. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 350 с.
- 8 Нестеров П., Нестеров А. Менеджмент региональной системы. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2002. – 247 с.
- 9 Лукин Ю. Анализ техногенного воздействия на экосистемы региона. – М.: Диалог, 1998. – 270 с.
- 10 Малышев В., Кажикенова С. Энтропийно-информационный анализ технологических переделов по динамике повышения содержания и извлечения целевоо компонента. Доклады НАН РК. – 2010. – №4. – С. 74
- 11 Малышев В., Кажикенова С., Турдукожаева А. Информационный анализ совершенства химико-металлургических процессов и технологических схем. XIX Менделеевский съезд по общей и прикладной химии. Сб. трудов. – Волгоград: ВолГТУ. 2011. – С. 307.
- 12 Robie R.A.,Hewingway B.S., Fishty J.K. «Thermodinamic Propeties of Minerals and Related Substances at 298,15(105 Paskals) Pressure and at Higher Temperatures». Washingto, (1978) :456.
- 13 Спиридонов В., Лопаткин Л. Матемагическая обработка экспериментальных данных. – М.: МГУ, 1970. – 221 с.
- 14 Kern R., Sastrawan R., Ferber J. «Modelling and interpretation of electrical impedance spectra of dye solar cells operated under open-circuit conditions». Electrochemimica Aca. 47, (2002): 4213-4225.
- 15 Kovalczuk P., Chmelewski, T. «Search for a new technology producing copper from chalcopyrite». Scientific Papers of the Institute of Mining, No.51, 7th PhD. Studies Scientific Conference, Interdisciplinary Topics in Mining and Geology, Ofic. Wyd. PWr., Wroclaw, (2008) : 94-100.
- 16 Малышев В., Кажикенова С., Турдукожаева А. Обобщенная трактовка информационной энтропии Шеннона. // Энциклопедия инженера-химика. – М., 2009. – №9. – С. 2-8.
- 17 Kazhikenova S.Sh, V.P. Malyshev, A.Turdukozhaeva A «Qualitative and Quantitative Evalution of the technological Processes in the Metallurgy of Nonferrous Metas». Russian Journal of Non-Ferrous Metals, №4, (2012): 335-337.
- 18 Горшков С.П. Экзодинамические процессы освоенных территорий. – М.: Недр, 1982. – С. 187-208.
- 19 Korovin V., Shestak Yu., «Pogorelov Yu. «Comparision of Scandium Recovery Mechanism by Phosphorus-Containing Sorbents, Solvent Extractants ans Extractants Supported on Porous Carrier. Scandium: Compounds, Productions and Applications». New-York: Nova Science Publishers Inc., (2011): 77-100.
- 20 Соложенкин П., Шавакулева О., Мудрых Р., Сложенкин О. Компьютерное моделирование флотореагентов и кластеров минералов. – Магнитогорск, 2014. – 263 с.
- 21 Казова Р., Кадирбекова А., Толепбаева А. Переработка отвального шлака конвертирования штейна на строительные материалы (керамику). В кн.: Ресурсосберегающие технологии в обогащении руд и металлургии цветных металлов. – Алматы, 2015. – 273 с.
- 22 Korovin V., Pogorelov, Y., Chikodanov, A. «Scandium extraction by TVEX-TBP from titanium-magnesium production wastes». Proc. ISEC'93 Conf., York, Great Britain.V.3, (1993): 299-305.
- 23 Korovin V., Shestak Yu. «Scandium extraction from hydrochloric acid media by Levextrel-type resins containing diisooctyl methyl phosphate». Hydrometallurgy, V.95, (2009):124.
- 24 Riveros P.A., Dutrizac Y.E.,Spenser P. Canad. Metaiiurgical Quartely. – V.40, No4. (2002) :27.
- 25 Roine A. Outmpu HSC «Chemistry for Windows. Chemical Reaction and Eguilibrium Loft ware with Extensive Thermochemical Database», Pori: Outokumpu Research OY, (2001): 91-98.
- 26 Bakshi S.R., Lahiri D., Patel R.R., Agarwal A. «Thin Solid Films» 518, 1703, (2010):76.
- 27 Chen Y., Bakshi S.R., Agarwal A. «Surf Coating Technol». 204, 2709, (2010): 85.
- 28 Korovin V., Shestak Yu., Pogorelov Yu., Cortina J.-L. «Solid polymeric extractants (TVEX): synthesis, extraction characterization and applications for metal», (2008):261-301
- 29 «Extraction process», Solvent Extraction and Liquid Membranes : Fundamentals and Application in New Materials. London- New York: CRC Press, (2008) :261-299
- 30 Казова Р., Кадирбекова А., Толепбаева А., Кульбалаева А. Воздействие техногенеза на устойчивость экосистемы урбанизированной территории. /Сборник трудов II Международной научной конференции «Высокие технологии – залог устойчивого развития». – Алматы, 2014. – С. 40-45.

References

- 1 Bakshi S., Lahiri D., Patel R., Agarwal A. «Thin Solid Films», 518, 1703, (2010): 76
- 2 Chen Y., Bakshi S., Agarwal A. «Surf Coating Technol», 204, 2709, (2010):85
- 3 Draper N., Lawrence W. «Mixture desides for four factors». Journ.Roy Statistic.Soc. V.3.B.27.(1965):473-478
- 4 «Extraction process». Solvent Extraction and Liquid Membranes : Fundamentals and Application in New Materials. London- New York: CRC Press, (2008): 261-299

- 5 Gorshkov S. «Ehkzodinamicheskie processy osvoennyh territorij». M.: Nedra, (1982) :187-208
- 6 Lukin Yu. «Analiz tekhnogennogo vozdejstviya na ehkositemy regiona». M.: Dialog, (1998) :270
- 7 Malyshev V. «Matematicheskoe modelirovanie himicheskogo i metallurgicheskogo ehksperimenta». Almaty: Nauka, (1989):34
- 8 Malyshev V., «Kazhikenova S. Informacionnye ocenki tekhnologicheskikh peredelov v cvetnoj metallurgii». Vestnik Nacional'noj inzhenernoj akademii nauk, №2(32), (2009):126-132
- 9 Malyshev V., Kazhikenova S., Turdukozhaeva A. «Ehntropijno-informacionnyj analiz tekhnologicheskikh peredelov po dinamike povysheniya sodержaniya i izvlechniya celevooy komponenta». Doklady NAN RK, № 4, (2010):74
- 10 Malyshev V.P., Kazhikenova S.SH., Turdukozhaeva A.M. «Informacionnyj analiz sovershenstva himiko-metallurgicheskikh processov i tekhnologicheskikh skhem». XIX Mendeleevsij s»ezd po obshchej i prikladnoj himii. Sb. trudov. VolGTU, (2011): 307
- 11 Malyshev V.P., Kazhikenova S.SH., Turdukozhaeva A.M. «Obobshchennaya traktovka informacionnoj ehntropii SHen-nona. EHnciklopediya inzhenera-himika». M., №9, (2009): 2-8
- 12 Nesterov P.N., Nesterov A.M. «Menedzhment regional'noj sistemy». M.: YUNITI-DANA, (2002):247
- 13 Riveros P., Dutrizac Y., Spenser P. «Metallurgical Quarterly». Canad. V.40, No4 (2001):27
- 14 Robie R.A., Hewingway B.S., Fishty J.K. «Thermodynamic Properties of Minerals and Related Substances at 298,15 (105 Paskals) Pressure and at Higher Temperatures». Washingto, (1978): 456
- 15 Roine A. Outmpu HSC Chemistry for Windows. «Chemical Reaction and Equilibrium Loft ware with Extensive Thermo-chemical Database». Pori: Outokumpu Research OY, (2002):91-98
- 16 Kazhikenova S., Malyshev V., Turdukozhaeva A. «Qualitative and Quantitative Evaluation of the technological Processes in the Metallurgy of Nonferrous Metas». Russian Journal of Non-Ferrous Metals, №4,(2012):335
- 17 Kazova R. «Modelirovanie obezvrezhivaniya tekhnogennyh materialov». Materialy H1-oy mezhdunarodnoj nauchnoj-tekhnicheskoy konferencii «Novoe v bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti.Ehkologiya».Almaty: Izd-vo KazNTU imeni K.I.Satpaeva, (2008):56-59
- 18 Kazova R., Kadirbekova A., Tolepbaeva A. «Pererabotka otval'nogo shlaka konvertirovaniya shtejna na stroitel'nye materialy (keramiku)». V kn.: Resurso sberegayushchie tekhnologii v obogashchenii rud i metallurgii cvetnyh metallov. Almaty, (2015) :273
- 19 Kazova R., Kadirbekova A., Tolepbaeva A., Kul'balaeva A.D. «Vozdejstvie tekhnogeneza na ustojchivost' ehkositemy urbanizirovannoy territorii». Sbornik trudov II Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii «Vysokie tekhnologii-zalog ustojchivogo razvitiya». Almaty, (2014): 40-45
- 20 Kazova R., Kadirbekova A., Lentschke J., Tolepbaeva A. «Mathematical planning of influence of enterprise on condition of soil». VIII International of Beremzhanov Forum «Chemistry and chemical technology». Ust-Kamenogorsk. Part 2. (2014) :147-151
- 21 Kern R., Sastrawan R., Ferber J., Stangl R., Luther J. «Modelling and interpretation of electrical impedance spectra of dye solar cells operated under open-circuit conditions». Electrochimica Aca. 47, (2002): 4213
- 22 Korovin V., Pogorelov, Y., Chikodanov, A. «Scandium extraction by TVEX-TBP from titanium-magnesium production wastes». Proc. ISEC'93 Conf., York, Great Britain.V.3, (1993) :299-305
- 23 Korovin V., Shestak Yu. «Scandium extraction from hydrochloric acid media by Levextrel-type resins containing diisooctyl metyl phosphate». Hydrometallurgy, V.95 (2009)
- 24 Korovin V., Shestak Yu., Pogorelov Yu. «Comparision of Scandium Recovery Mechanism by Phosphorus-Containing Sorbents, Solvent Extractants and Extractants Supported on Porous Carrier». Scandium: Compounds, Productions and Applications. New-York: Nova Science Publishers Inc., (2011):77-100
- 25 Korovin V., Shestak Yu., Pogorelov Yu., Cortina J. «Solid polymeric extractants (TVEX): synthesis, extraction characterization and applications for metal», (2008) :261-301
- 26 Kovalczuk P., Chmelewski, T. «Search for a new technology producing copper from chalcopyrite». Scientific Papers of the Institute of Mining, No.51, 7th PhD. Studies Scientific Conference, Interdisciplinary Topics in Mining and Geology, Ofic. Wyd. PWr., Wroclaw, (2008): 94-100
- 27 Shannon K. «Matematicheskaya teoriya svyazi». Raboty po teorii informacii i kibernetike. M.:IL,(1963):243
- 28 Solozhenkin P., Shavakuleva O., Mudryh R., Slozhenkin O. «Komp'yuternoe modelirovanie flotoreagentov i klasterov mineralov». Magnitogorsk, (2014):263
- 29 Spiridonov V., Lopatkin L. «Matematicheskaya obrabotka ehksperimental'nyh dannyh». M.:Id-voMGU,(1970): 221
- 30 Tihomirov N., Potravnyj I., Tihomirova G. «Metody analiza i upravleniya ehkologo-ehkonomicheskimi riskami». M.: YUNITI-DANA, (2003) :350.