

УДК 551.510.42(477.62)

БЄЛЯЄВА І.В., к.х.н., доцент, СЕРГІЄНКО У.В.

(Донецький Національний технічний університет)

**РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ
КОНЦЕНТРАЦІЙ ДІОКСИДУ СІРКИ В АТМОСФЕРНОМУ ПОВІТРІ
МІСТА ДОНЕЦЬКА**

В роботі розроблено математичні моделі для прогнозування концентрацій діоксиду сірки методом множинної регресії та часових рядів. Зроблено порівняльний аналіз прогнозування майбутніх концентрацій діоксиду сірки по цих математичних моделях.

Ключові слова: атмосферне повітря, діоксид сірки, моніторинг, математична модель, множинний регресійний аналіз, часовий ряд.

Місто Донецьк - це великий промисловий центр з розвинутою інфраструктурою. У місті сконцентровані гірничя, металургійна, коксохімічна, хімічна та багато інших галузей промисловості. Навколишнє природне середовище відчуває на собі велике антропогенне навантаження. Тому, дослідження стану атмосферного повітря є дуже актуальною проблемою.

31 жовтня – 2 листопада 2006 р. у Донецьку відбулася робоча нарада групи по моніторингу й оцінці навколишнього середовища ЕСК ООН Комітету з екологічної політики по застосуванню екологічних показників. Робоча група ЕСК ООН у тісному співробітництві з Європейським агентством по навколишньому середовищу (ЕАНС) склала основний перелік екологічних показників для застосування в країнах Східної Європи, Кавказу і Центральної Азії (СЕКЦА).

У якості одного з екологічних показників розглядається «Якість атмосферного повітря в міських населених пунктах». Тут відзначається, що відповідно до Конвенції ЕЭК ООН про трансграничне забруднення повітря на великі відстані, протоколами Сторони зобов'язані скорочувати і запобігати забрудненню повітря такими забруднюючими речовинами, як оксиди сірки, оксиди азоту, аміак, бенз(а)пірен, діоксини та ін. Це дозволяє зробити висновок, що моніторинг такої

забруднюючої речовини, як діоксид сірки в атмосферному повітрі міста Донецька є необхідним.

Дана робота присвячена розробці математичних моделей для прогнозування стану атмосферного повітря міста Донецька при забрудненні його діоксидом сірки, як найбільш поширеною в місті забруднюючою речовиною.

В місті Донецьку концентрації діоксиду сірки в атмосферному повітрі визначають на 8 стаціонарних постах спостереження, які розташовані в різних районах міста. Одним з необхідних етапів моніторингу атмосферного повітря є складання математичних моделей для прогнозу майбутнього стану повітря. Ця інформація необхідна для прийняття ефективних рішень при керуванні станом атмосферного повітря.

Концентрації забруднюючих речовин в атмосферному повітрі формуються не лише за рахунок викидів від підприємств та автотранспорту, але і за рахунок метеорологічних умов в місті. Місто Донецьк характеризується високим значенням коефіцієнта стратифікації ($A=200$), що відображає той факт, що в місті часто бувають несприятливі метеорологічні умови, під час яких різко збільшуються концентрації забруднюючих речовин в атмосферному повітрі. Для м. Донецька можна виділити такі несприятливі метеорологічні умови, як повторюваність слабких вітрів 2-3 м/с (30 %), інверсій температури (30 % влітку та 40 % взимку), туманів (60 днів за рік). Також треба враховувати сильний вплив приземних інверсій на накопичення забруднюючих речовин, що надходять в атмосферу від безлічі низьких джерел: шахт, породних відвалів і від високих джерел, після руйнування приземних інверсій через сильне турбулентне змішування повітря. Крім того, внаслідок глобального потепління клімату, в місті Донецьку майже протягом усіх місяців року спостерігаються більш високі температури повітря, ніж це було до 1997 року. Це негативно впливає на розсіювання викидів забруднюючих речовин. Знання про можливість різкого підвищення концентрацій забруднюючих речовин у періоди несприятливих метеорологічних умов дозволяє вжити заходи по скороченню викидів цих речовин в атмосферу, обмежити або перебудувати транспортні потоки на міських магістралях. Усе це в цілому буде сприяти поліпшенню екологічної обстановки в місті.

Для створення математичних моделей для прогнозування майбутніх концентрацій діоксиду сірки були взяті дані за 2004 – 2005 роки. Спочатку дані

були проаналізовані на випадок перевищення середньодобової концентрації діоксиду сірки. Кількість перевищень концентрацій діоксиду сірки представлена в таблиці 1.

Таблиця 1

Кількість перевищень концентрацій діоксиду сірки по постам м. Донецька

Перевищення концентрацій	Пост № 2	Пост № 4	Пост № 5	Пост № 7	Пост № 9	Пост № 14
2004 рік						
> 2 ГДК _{сс}	1	1	3	3	11	3
> 1 ГДК _{сс}	22	34	44	22	54	34
Усього:	23	35	47	25	65	37
2005 рік						
> 2 ГДК _{сс}	2	5	1	5	12	-
> 1 ГДК _{сс}	22	14	18	17	36	3
Усього:	24	19	19	22	48	3

Виходячи з отриманих результатів для розробки рівнянь прогнозу було обрано пости номер 4, 9, 14, як ті райони міста, де частіше спостерігалися перевищення нормативів ГДК. Пост № 4 знаходиться в Ленінському районі міста, неподалік від металургійного заводу, пост № 9 розташований у Ворошиловському районі (центральний район міста), пост № 14 знаходиться біля Рутченковського відділення ВАТ „Донецьккокс”.

Для розробки математичних моделей для прогнозування стану атмосферного повітря було використано метод множинної регресії та метод часових рядів. Розрахунки проводились у програмі Statgrafics.

В загальному вигляді рівняння множинної регресії має такий вигляд:

$$c = f(t, \text{нарп}, v, \text{отвл}, dT, H, \text{muz}, ip)$$

де t – температура повітря, °С;

нарп – напрямок вітру, °;

v – швидкість вітру, м/с;

отвл – відносна вологість повітря, %;

dT – різниця температури повітря між землею та ізобаричною поверхнею 825 ГПа, °С;

H – висота шару перемішування, м;

muz – (МУЗ) комплексний показник метеорологічних умов забруднення повітря, який характеризує синоптичні процеси, які проходять в шарах атмосфери;

ip – інерційний фактор, концентрація попереднього вимірювання, мг/м³.

При виведенні рівнянь множинної регресії було враховано перехресний вплив ряду пре дикторів, що відображено в математичних моделях.

По-перше, в роботі було розроблено математичну модель на основі множинної регресії по даним концентрацій діоксиду сірки за повний рік. Нижче наведено математичні моделі, які отримали для різних постів міста.

Пост № 4:

$$c = 0,013 + 0,174 \cdot ip - 0,198 \cdot 10^{-3} \cdot napr - 0,487 \cdot 10^{-3} - 3,065 \cdot 10^{-3} \cdot v + 0,017 \cdot ip \cdot t + 0,120 \cdot 10^{-3} \cdot muz \cdot v + 0,487 \cdot 10^{-4} \cdot t \cdot v \quad (R^2 = 51 \%)$$

Пост № 9:

$$c = 0,041 - 0,350 \cdot 10^{-4} \cdot muz^2 - 0,755 \cdot 10^{-3} \cdot napr - 1,974 \cdot 10^{-3} \cdot t - 5,351 \cdot 10^{-3} \cdot v + 0,016 \cdot ip \cdot muz - 0,030 \cdot ip \cdot v + 0,705 \cdot 10^{-4} \cdot muz \cdot t + 0,355 \cdot 10^{-4} \cdot napr \cdot t - 0,103 \cdot 10^{-4} \cdot otvl \cdot t + 0,668 \cdot 10^{-4} \cdot otvl \cdot v + 0,108 \cdot 10^{-3} \cdot t \cdot v \quad (R^2 = 52 \%)$$

Пост № 14:

$$c = 0,005 + 0,617 \cdot ip - 0,123 \cdot 10^{-4} \cdot t^2 + 0,363 \cdot 10^{-3} \cdot v + 0,273 \cdot 10^{-5} \cdot otvl \cdot t \quad (R^2 = 51 \%),$$

де R^2 – коефіцієнт множинної регресії, що показує надійність отриманих моделей [1, 2] .

Для того, щоб підвищити рівень надійності прогнозу, масив даних було поділено за сезонами року. Математичні моделі для постів за сезонами року наведено нижче.

Для зимового періоду:

Пост № 4:

$$c = 0,119 - 0,001 \cdot napr - 0,804 \cdot 10^{-5} \cdot otvl^2 + 0,010 \cdot t - 0,020 \cdot v + 0,231 \cdot 10^{-4} \cdot napr \cdot v^2 - 0,782 \cdot 10^{-4} \cdot otvl \cdot t + 0,146 \cdot 10^{-3} \cdot otvl \cdot v - 0,651 \cdot 10^{-3} \cdot t \cdot v \quad (R^2 = 51 \%)$$

Пост № 9:

$$c = 0,084 - 3,218 \cdot 1/otvl - 0,395 \cdot 10^{-3} \cdot napr \cdot v + 0,160 \cdot 10^{-4} \cdot otvl \cdot t + 0,353 \cdot 10^{-4} \cdot otvl \cdot v + 3,658 \cdot ip^2 + 0,570 \cdot 10^{-3} \cdot ip \cdot napr^2 - 26,968 \cdot ip/muz + 64,598 \cdot ip/otvl \quad (R^2 = 52 \%)$$

Пост № 14:

$$c = 0,016 - 0,590 \cdot 10^{-3} \cdot napr - 2,259 \cdot 10^{-3} \cdot v + 0,161 \cdot 10^{-3} \cdot napr \cdot v + 0,027 \cdot ip \cdot muz - 0,831 \cdot 10^{-3} \cdot ip \cdot t^2 \quad (R^2 = 52 \%)$$

Для весняного періоду:

Пост № 4:

$$c = 0,067 - 2,845 \cdot 10^{-3} \cdot \text{muz} + 3,424 \cdot 10^{-3} \cdot \text{napr} - 0,020 \cdot v - 0,175 \cdot 10^{-3} \cdot \text{muz} \cdot \text{napr} + 0,944 \cdot 10^{-3} \cdot \text{muz} \cdot v - 0,196 \cdot 10^{-4} \cdot \text{napr} \cdot t + 0,199 \cdot 10^{-4} \cdot \text{napr} \cdot v^2 - 9,335 \cdot 10^{-3} \cdot \text{ip} \cdot v^2 \quad (R^2 = 50 \%)$$

Пост № 9:

$$c = 0,037 - 2,449 \cdot 10^{-3} \cdot H - 0,623 \cdot 10^{-3} \cdot \text{napr} + 1,403 \cdot 10^{-3} \cdot t - 0,202 \cdot 10^{-4} \cdot \text{otvl} \cdot t - 0,010 \cdot \text{ip} \cdot \text{napr} + 5,971 \cdot 10^{-3} \cdot \text{ip} \cdot \text{otvl} - 5,612 \cdot 10^{-3} \cdot \text{ip} \cdot v^2 \quad (R^2 = 50 \%)$$

Пост № 14:

$$c = 0,005 + 0,145 \cdot 10^{-3} \cdot H \cdot v - 0,638 \cdot 10^{-4} \cdot \text{muz} \cdot v + 0,598 \cdot \text{ip} - 0,015 \cdot \text{ip} \cdot \text{napr} + 0,062 \cdot \text{ip} \cdot v \quad (R^2 = 51 \%)$$

Для літнього періоду:

Пост № 4:

$$c = 0,037 - 0,011 \cdot dT - 0,652 \cdot 10^{-5} \cdot \text{napr}^2 - 1,723 \cdot 10^{-3} \cdot t + 0,274 \cdot 10^{-3} \cdot dT \cdot \text{muz} + 0,157 \cdot 10^{-3} \cdot dT \cdot t + 0,443 \cdot 10^{-3} \cdot dT \cdot v + 0,025 \cdot \text{muz} / \text{otvl} - 0,316 \cdot 10^{-3} \cdot \text{muz} \cdot v + 0,337 \cdot 10^{-4} \cdot \text{otvl} \cdot v + 0,176 \cdot 10^{-3} \cdot t \cdot v - 1,142 \cdot \text{ip} - 0,089 \cdot \text{ip} \cdot dT + 0,014 \cdot \text{ip} \cdot \text{otvl} + 0,047 \cdot \text{ip} \cdot t \quad (R^2 = 51 \%)$$

Пост № 9:

$$c = 0,022 - 5,438 \cdot 10^{-3} \cdot H + 1,162 \cdot 10^{-3} \cdot v^2 - 0,204 \cdot 10^{-3} \cdot dT \cdot \text{muz} + 0,532 \cdot 10^{-4} \cdot dT \cdot \text{napr} + 0,149 \cdot 10^{-3} \cdot dT \cdot t + 0,193 \cdot 10^{-3} \cdot H \cdot \text{muz} + 0,608 \cdot 10^{-3} \cdot H \cdot v - 0,472 \cdot 10^{-3} \cdot \text{muz} \cdot v + 0,381 \cdot 10^{-4} \cdot \text{otvl} \cdot v - 0,189 \cdot 10^{-3} \cdot t \cdot v + 0,282 \cdot \text{ip} \quad (R^2 = 52 \%)$$

Пост № 14:

$$c = 0,011 + 0,306 \cdot 10^{-4} \cdot \text{muz}^2 - 0,345 \cdot 10^{-3} \cdot \text{napr} + 0,246 \cdot 10^{-4} \cdot t^2 - 0,493 \cdot 10^{-4} \cdot dT \cdot \text{napr} - 0,589 \cdot 10^{-4} \cdot H \cdot \text{muz} + 0,738 \cdot 10^{-4} \cdot H \cdot \text{napr} - 0,024 \cdot \text{muz} / \text{otvl} - 0,952 \cdot 10^{-5} \cdot \text{otvl} \cdot t + 2,078 \cdot \text{ip} - 0,071 \cdot \text{ip} \cdot \text{muz} \quad (R^2 = 55 \%)$$

Для осіннього періоду:

Пост № 4:

$$c = 0,009 - 1,369 \cdot 10^{-3} \cdot t - 5,198 \cdot 10^{-3} \cdot v + 0,224 \cdot 10^{-3} \cdot H \cdot \text{muz} - 0,621 \cdot 10^{-4} \cdot H \cdot \text{otvl} + 0,150 \cdot 10^{-4} \cdot \text{otvl} \cdot t + 0,613 \cdot 10^{-4} \cdot \text{otvl} \cdot v - 2,026 \cdot \text{ip} + 0,111 \cdot \text{ip} \cdot H + 38,034 \cdot \text{ip} / \text{muz} \quad (R^2 = 52 \%)$$

Пост № 9:

$$c = 0,028 - 1,720 \cdot 10^{-3} \cdot H^2 - 3,237 \cdot 10^{-3} \cdot \text{muz} + 0,999 \cdot 10^{-3} \cdot H \cdot \text{muz} - 0,236 \cdot 10^{-4} \cdot \text{muz} \cdot \text{napr} + 0,192 \cdot 10^{-3} \cdot \text{napr} \cdot v - 0,163 \cdot 10^{-4} \cdot \text{otvl} \cdot v + 0,379 \cdot 10^{-3} \cdot \text{ip} \cdot t^2 \quad (R^2 = 54 \%)$$

Пост № 14:

$$c = 0,007 + 0,117 \cdot 10^{-3} \cdot H^2 - 0,075 \cdot H / \text{otvl} + 0,946 \cdot 10^{-4} \cdot t \cdot v + 0,039 \cdot ip \cdot t + 0,059 \cdot ip \cdot v \quad (R^2 = 52 \%)$$

У представлених математичних моделях коефіцієнт множинної регресії недостатньо високий (характеризує зв'язок між концентрацію та метеопараметрами, як середній). Це пов'язано з тим, що метеорологічні параметри вимірюються на посту № 1, який розташований за межами міста. Ці метеопараметри приймаються такими ж і на інших постах спостережень, які розташовані в різних частинах міста. Різна забудова окремих районів міста, різна ступінь їх озеленення, нагріті викиди від підприємств створюють мікрокліматичні умови для розсіювання викидів, що не можна було враховано в цих математичних моделях. Значущість коефіцієнтів регресійних рівнянь перевіряли за допомогою критерію Стюдента при рівні довірчої мовірності $p=0,05$. Адекватність моделі перевіряли по критерію Фішера та по аналізу залишків.

Таким чином, аналіз отриманих математичних моделей у вигляді регресійних рівнянь дозволяє зробити висновок, що предикторами, які мають найбільший вплив на концентрацію діоксиду сірки в атмосферному повітрі м. Донецька є температура повітря, напрямок та швидкість вітру, МУЗ, інерційний фактор і в деяких випадках різниця температури між поверхнею землі та ізобаричною поверхнею 825 гПа та висота шару перемішування.

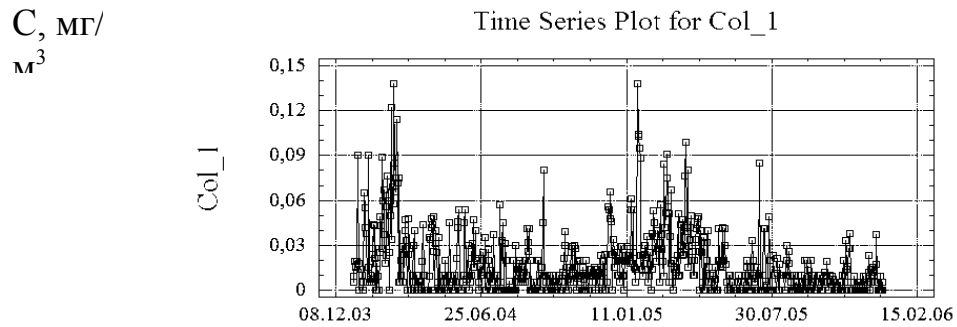
В роботі також було розроблено математичні моделі для прогнозування майбутніх концентрацій діоксиду сірки по теорії часових рядів. Метод часових рядів дає можливість проводити прогнозування майбутніх концентрацій забруднюючої речовини без прогнозу метеопараметрів, тому що, в математичну модель по методу часових рядів входить тільки одна перемінна – час. Крім того, метод часових рядів дає можливість виявити довгострокову тенденцію змін концентрації діоксиду сірки, виявити сезонність.

Для прогнозування концентрацій діоксиду сірки методом часових рядів, було побудовано часові ряди концентрацій за 2004-2005 роки для постів № 4, 9, 14 з шагом 1 доба.

Аналіз часових рядів й прогнозування концентрації діоксиду сірки проводилося в програмі Statgrafics [1-3].

На рис. 1 наведено часовий ряд діоксида сірки в Ворошиловському районі (центр міста). Аналіз цього ряду дозволив зробити висновок, що точки на цьому графіку розкидані хаотично, не можливо простежити якусь відому залежність та

визначити наявність сезонності в цьому ряду. Згідно [3] для такого ряду найбільше підходить математична модель авто регресії та ковзного середнього або модель ARIMA.



Дата

Рисунок 1. Часовий ряд діоксиду сірки (пост № 9)

Було встановлено, що для всіх постів найкращої моделлю прогнозування концентрації діоксиду сірки є модель ARIMA (1, 1, 1) з константою.

Для перевірки адекватності отриманої моделі використовували автокореляційну функцію залишків. Моделі були адекватні при рівні довірчої імовірності $p = 0,05$, тому що мали незалежні залишки, що містили лише шум та не мали систематичних компонент [3].

Для поліпшення результатів прогнозу необхідно збільшити вихідний часовий ряд за рахунок додаткових даних. Крім того, проведені попередні розрахунки показали, що найбільш точний прогноз можна зробити по рівнянню, коли лаг в часовому ряду буде складати не 1 добу, а декілька часів. Але відсутність таких даних не дозволила отримати більш достовірну математичну модель.

Таким чином, в роботі були розроблені математичні моделі для прогнозування майбутніх концентрацій діоксиду сірки в атмосферному повітрі міста Донецька, особливо в дні з несприятливими метеоумовами, та зроблено прогноз по математичним моделям, які отримали по методу множинної регресії (на підставі даних за рік та на підставі даних по сезонах року) та по моделях, отриманих по методу часових рядів.

Для порівняння отриманих результатів було розраховано відносну помилку прогнозу по всіх математичних моделях. Розрахована відносна помилка для постів № 4, 9, 14 представлена в таблиці 2.

Таблиця 2

Середня відносна помилка результатів, отриманих для різних моделей

Метод прогнозування	Середня відносна помилка, %		
	Пост № 4	Пост № 9	Пост № 14
Множинна регресія (на підставі даних за рік)	33,2	25,4	42,7
Множинна регресія (на підставі даних по сезонах року)	30,5	26,2	21,1
Часовий ряд (на підстав даних за рік)	48,1	38,3	29,3

Дані прогнозу показали, що після днів, в які спостерігалася висока концентрація діоксиду сірки, найкращі результати прогнозу було отримано за допомогою математичних моделей на основі множинної регресії, створених для окремих сезонів року, а для інших днів найкращі результати прогнозу були отримані за допомогою математичних моделей на основі множинної регресії, створених на підставі даних за рік.

Аналіз отриманих в роботі даних прогнозу показав, що прогнозування різкого зросту концентрацій діоксиду сірки в атмосферному повітрі ускладнено. Це можна пояснити тим, що в деякі дні в окремих частинах міста спостерігалися підвищені концентрації діоксиду сірки, яких не спостерігалось в інших районах міста. Це можливо пояснити залповими викидами діоксиду сірки на окремому підприємстві, внаслідок чого на стаціонарному посту, який розташований поблизу такого підприємства спостерігалось різке підвищення концентрації діоксида сірки. На концентрацію діоксида сірки в атмосферному повітрі в значній мірі впливають метеорологічні умови (при умові стабільної роботи підприємства), але при залповому викиді діоксида сірки концентрація його в атмосферному повітрі даного району також значно зростає. Залпові викиди на підприємствах суттєво впливають на концентрацію діоксида сірки, але їх неможливо передбачити в математичній моделі.

Тому, проаналізував стан системи моніторингу в м. Донецьку та розробив математичні моделі для прогнозування майбутніх концентрацій діоксида сірки, а

також проаналізував недоліки отриманих математичних моделей, в роботі пропонуються наступні першочергові заходи:

- оснастити всі стаціонарні пости відбору проб обладнанням для виміру метеопараметрів. Це дозволить підвищити надійність математичних моделей для прогнозування майбутніх концентрацій діоксиду сірки, розроблених на підставі метода множинної регресії;
- забезпечити пости автоматичними газоаналізаторами для вимірювання концентрацій забруднюючих речовин, тому що при дискретному визначенні концентрацій діоксиду сірки, які проводяться 2 рази на добу, не можна говорити про достатню точність отриманих середньодобових концентрацій. Автоматичні виміри концентрацій дозволять підвищити надійність математичних моделей для прогнозування майбутніх концентрацій діоксиду сірки, а також і інших забруднюючих речовин, по яких проводиться моніторинг повітря в місті.

ЛІТЕРАТУРА

1. Глинский В.В., Ионин В.Г. Статистический анализ. Учебное пособие. Издание 2-е, переработанное и дополненное – М.: Информационно-издательский дом «Филинь», 1998. – 264 с.
2. Елисеєва И.И., Юзбашев М.М. Общая теория статистики. Учебник / Под ред. чл.-корр. РАН И.И. Елисеевой. 4-е издание, перераб. и дополненное – М.: Финансы и статистика, 2002. – 480 с.
3. Электронный учебник StatSoft. Доступный з: <<http://www.statsoft.ru/home/textbook/default.htm> >

УДК 551.510.42(477.62)

БЄЛЯЄВА І.В., к.х.н., доцент, СЕРГІЄНКО У.В.

(Донецький Національний технічний університет)

РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ КОНЦЕНТРАЦІЙ ДІОКСИДУ СІРКИ В АТМОСФЕРНОМУ ПОВІТРІ МІСТА ДОНЕЦЬКА

В роботі розроблено математичні моделі для прогнозування концентрації діоксиду сірки методом множинної регресії та часових рядів. Зроблено порівняльний аналіз прогнозування майбутніх концентрацій діоксиду сірки по цих математичних моделях.

Ключові слова: атмосферне повітря, діоксид сірки, моніторинг, математична модель, множинний регресійний аналіз, часовий ряд.

УДК 551.510.42(477.62)

БЕЛЯЕВА И.В., к.х.н., доцент, СЕРГИЕНКО У.В.

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ
КОНЦЕНТРАЦИЙ ДИОКСИДА СЕРЫ В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ ГОРОДА ДОНЕЦКА

В работе разработаны математические модели для прогнозирования концентраций диоксида серы методом множественной регрессии и временных рядов. Проведен сравнительный анализ прогнозирования будущих концентраций диоксида серы по этим моделям.

Ключевые слова: атмосферный воздух, диоксид серы, мониторинг, математическая модель, множественный регрессионный анализ, временной ряд.

УДК 551.510.42(477.62)

Byelyayeva I.V., Ph. D (chemistry), Sergienko U.V.

DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL MODELS FOR FORECASTING CONCENTRATION OF
SULFUR DIOXIDE IN ATMOSPHERIC AIR IN DONETSK

In this work mathematical models for forecasting concentration of sulfur dioxide are developed by a method of multiple regression analysis and time number. The comparative analysis of forecasting of the future concentration sulfur dioxide on these models was made.

Key words: atmospheric air, sulfur dioxide, monitoring, the mathematical model, multiple regression analysis, a time number.

