

## РАЗДЕЛ «БИОТЕХНОЛОГИИ. ЭКОЛОГИЯ»

УДК 663.18

КУНЩИКОВА И.С.\*, к.т.н., директор  
КУНЩИКОВА Е.А.\*, зам. директора  
по научной работе  
МОСИН С.В.\*, инженер-исследователь  
АНАЦКИЙ А.С., аспирант

\*ООО "НПП" Витан"

Днепродзержинский государственный технический университет

### СРАВНЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ СООТНОШЕНИЙ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ФЕРМЕНТЕРОВ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА БИОСИНТЕЗ $\beta$ -КАРОТИНА

*Проведено порівняння геометричних співвідношень промислових ферментерів двох типів і результатів біосинтезу  $\beta$ -каротину в них.*

*Проведено сравнение геометрических соотношений промышленных ферментеров двух типов и результатов биосинтеза  $\beta$ -каротина в них.*

*Comparison of geometrical correlations of industrial fermentators two types and results of biosynthesis of  $\beta$ -caroten in them is conducted.*

**Введение.** Накопление целевого продукта в процессе ферментации является функцией большого числа параметров. Многие из них, такие как концентрация питательных веществ в ферментационной среде, степень аэрации культуральной жидкости, доза засева среды посевным материалом, температура культивирования определены технологическим регламентом производства и обеспечивают оптимальные условия для протекания биохимических процессов [1]. В то же время интенсивность процессов микробного синтеза в значительной мере зависит от гидродинамического режима в аппарате и условий массообмена в трехфазной системе аэрирующий воздух – культуральная жидкость – биомасса продуцента.

Гидродинамические условия и массообмен между фазами в биореакторе с механическим перемешиванием характеризуются большим количеством параметров, обусловленных реологическими свойствами перемешиваемой культуральной жидкости, конструкцией аппарата и соотношениями между основными геометрическими характеристиками ферментера [2].

Многочисленные исследования посвящены разработке расчетных методов и математических моделей, позволяющих охарактеризовать режим работы ферментера с помощью комплексных критериальных уравнений, учитывающих суммарное влияние физико-химических свойств перемешиваемой среды и конструкции аппарата на динамику биосинтеза [3]. Это привело к появлению большого количества формул, разработанных для конкретных технологических процессов с использованием специфических штаммов-продуцентов, источников сырья и режимов культивирования, что делает практически невозможным использование этих зависимостей для других производств. Поэтому изучение влияния гидродинамических и массообменных процессов в ферментере на динамику биосинтеза целевых продуктов является актуальной задачей, требующей специальных исследований в каждом конкретном случае.

**Постановка задачи.** Цель настоящей работы – сравнение геометрических соотношений конструктивных элементов промышленных ферментеров и их влияние на биосинтез  $\beta$ -каротина мицелиальной культурой *Blakeslea trispora*.

**Результаты работы.** В условиях промышленного производства каротинсодержащей биомассы (ООО "НПП "Витан", пгт. Днепропетровский) изучали динамику биосинтеза в промышленных ферментерах одинакового объема, которые по своим конструктивным особенностям и геометрическим характеристикам разделены нами на два типа (далее – ферментер I, ферментер II). Технологический режим ферментации соответствовал регламентному. В ходе процесса проводили определение концентрации биомассы в культуральной жидкости (г/л) и удельной продуктивности культуры, которую рассматривали как количество  $\beta$ -каротина, синтезированного одним граммом биомассы.

Рассматриваемые ферментеры представляют собой вертикальные цилиндрические аппараты с эллиптическим днищем, объемом  $10 \text{ м}^3$ , снабженные двухъярусными шестилопастными турбинными мешалками.

В табл.1 приведено сравнение основных геометрических размеров (в метрах) и соотношений конструктивных элементов ферментеров двух типов.

Таблица 1 – Основные геометрические размеры и соотношения промышленных ферментеров

Наименование показателя	Численное значение для ферментеров	
	тип I	тип II
<b>I Геометрические размеры</b>		
I.1 Диаметр, D	1,8	2
I.2 Высота, H	4,2	3,6
I.3 Высота столба культуральной жидкости $h_1$	3,1	2,6
<b>II.1 Отражательные перегородки</b>		
II.1.1 Количество, n	4	6
II.1.2 Ширина, C	0,18	0,15
II.1.3 Высота, h	3,2	2,6
<b>II.2 Мешалка</b>		
II.2.1 Диаметр, $d_m$	0,63	0,63
II.2.2 Расстояние между ярусами, $h_2$	0,9	1,47
II.2.3 Длина лопасти, l	0,12	0,16
II.2.4 Ширина лопасти, b	0,09	0,08
<b>II.3 Барботер</b>		
II.3.1 Общая площадь сечения отверстий, $S_{сеч}, \text{ м}^2$	0,0064	0,0044
<b>III Соотношения между геометрическими размерами конструктивных элементов</b>		
III.1 $H/D$	2,3	1,8
III.2 $C/D$	0,1	0,08
III.3 $H/d_m$	6,8	5,6
III.4 $D/d_m$	2,9	3,2
III.5 $C/d_m$	0,29	0,24
III.6 $b/d_m$	0,15	0,13
III.7 $l/d_m$	0,2	0,24

Как следует из табл.1, рассматриваемые ферментеры имеют различия в конструктивных элементах и геометрических соотношениях. Это, в частности, относится к

числу отражательных перегородок, площади сечения отверстий барботеров, расстоянию между ярусами мешалок и другим характеристикам.

Так, из практики эксплуатации аппаратов с мешалками известно [4], что, в случае, когда диаметр аппарата составляет менее 4 м, оптимальным является наличие четырех отражательных перегородок с шириной  $0,1D$ . Как видно из таблицы, эти соотношения выполняются для ферментера I. Увеличение количества отражательных перегородок в многофазной системе выше оптимального не приводит, как правило, к возрастанию интенсивности массопередачи, а только увеличивает мощность, затрачиваемую на перемешивание ферментационной среды.

Также следует отметить меньшую совокупную площадь сечения отверстий барботера и существенную при одинаковом коэффициенте заполнения ферментеров разницу в высоте столба культуральной жидкости в ферментере II по сравнению с ферментером I. Это приводит к увеличению линейной скорости воздуха на выходе из барботера и уменьшению длительности пребывания пузырьков воздуха в аппарате, что, в свою очередь, несмотря на интенсивный барботаж, приводит к недостатку кислорода в среде.

Кроме того, яруса мешалки расположены в ферментере II значительно дальше друг от друга, чем в ферментере I, что ухудшает массообменные условия в аппарате, необходимые для поступления питательных веществ к клеткам продуцента и отвода продуктов метаболизма.

Что касается соотношений между геометрическими размерами конструктивных элементов, то они не значительно различаются для рассматриваемых ферментеров. Эти соотношения влияют на структуру потоков в аппарате как в зоне действия мешалки, так и в зоне, удаленной от нее, что, в свою очередь, влияет на условия массопередачи в системе культуральная жидкость – биомасса продуцента в обоих типах ферментеров.

Наблюдения за динамикой накопления биомассы и удельной продуктивности культуры (усредненные по десяти промышленным ферментациям) в аппаратах обоих типов показали, что процесс биосинтеза идет в них с некоторыми различиями (рис. 1, 2).

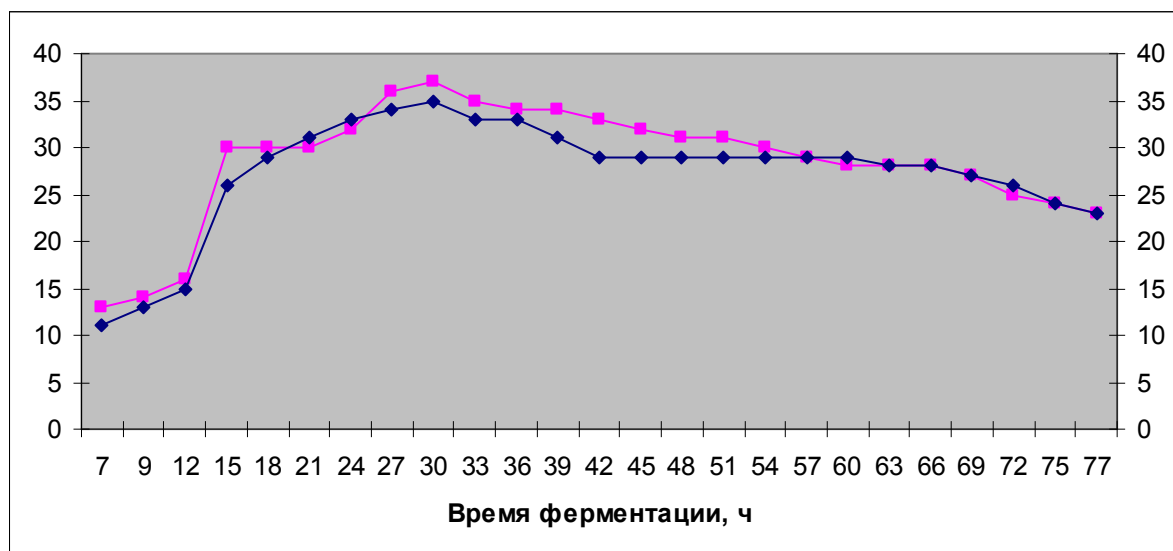
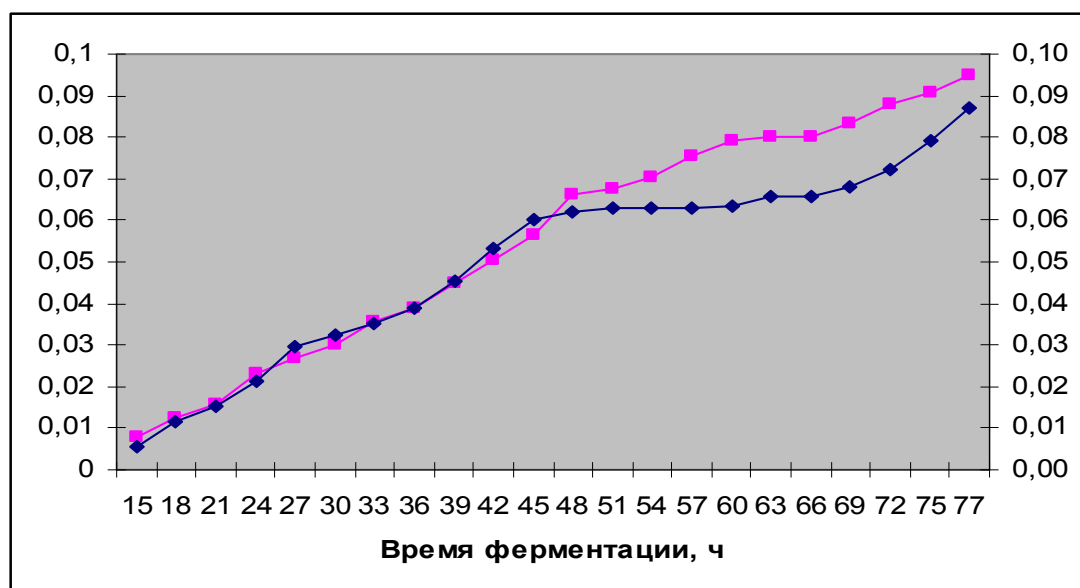


Рисунок 1 – Динамика накопления биомассы культуры *Blakeslea trispora* (г/л) в процессе ферментации в ферментерах типов I, II



Условные обозначения:

- ферментер I,
- ферментер II

Рисунок 2 – Удельная продуктивность культуры *Blakeslea trispora* (г β-каротина/г биомассы) в процессе ферментации в ферментерах типов I, II

Из рисунков видно, что в ферментере II ростовые и биосинтетические процессы культуры *Blakeslea trispora* протекают на несколько более низком уровне, чем в ферментере I. Поскольку в этих ферментациях нами были соблюдены все технологические условия протекания процесса одинаковыми для обоих типов ферментеров (партия посевного материала, степень аэрации, температура выращивания), то наблюдаемые различия в выходе целевого продукта могут быть объяснены разницей в геометрических соотношениях для рассматриваемых аппаратов.

Таким образом, приведенные выше данные свидетельствуют о том, что в ферментере I, вследствие конструктивных и геометрических особенностей аппарата, обеспечиваются более благоприятные условия массообмена между фазами аэрирующий воздух - культуральная жидкость - биомасса продуцента.

#### Выводы.

1. Проведено сравнение геометрических соотношений конструктивных элементов ферментеров двух типов. Указано различие для ряда показателей.
2. Приведены результаты биосинтеза для рассматриваемых аппаратов при одинаковых технологических условиях протекания процесса. Удельная продуктивность культуры *Blakeslea trispora* в ферментере II на 8-10% ниже, чем в ферментере I.
3. Достижение идентичных результатов биосинтеза в аппаратах обоих типов возможно за счет изменения технологического режима ферментации (расхода воздуха на аэрацию, частоты вращения мешалки) и дальнейшего изучения влияния гидродинамических и массообменных процессов на выход целевого продукта.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мосичев М.С., Складнев А.А., Котов В.Б. Общая технология микробиологических производств. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 264с.

2. Кафаров В.В. Основы массопередачи. – М.: Высшая школа, 1972. – 496с.
3. Шарифуллин В.Н., Кропачев В.Ф., Литманс Б.А. Анализ динамических свойств биореактора аэробной ферментации // Биотехнология. – 1989. – Том 5, №3. – С.363-366.
4. Стренк Ф.Л. Перемешивание и аппараты с мешалками:/ Пер. с польск. под ред. И.А. Щупляка. – Л.: Химия, 1975. – 384с.

УДК 504 : 656 (075.8)

АВРАМЕНКО С.Х., к.т.н., доцент  
ПЛОХА Т.В., магістр, викладач  
ПОЛЯНЧИКОВ О.І., к.т.н., доцент

Дніпродзержинський державний технічний університет

## ОЦІНКА ВПЛИВУ ВИКИДІВ ВІД АВТОТРАНСПОРТУ НА ПРИДОРОЖНЮ ЗОНУ АВТОДОРОГ ТА РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ДЛЯ ЙОГО ЗМЕНШЕННЯ

*В роботі дана оцінка впливу автотранспорту на придорожню зону і визначено вміст важких металів у пробах ґрунту, змету, трави; розсіювання шкідливих домішок в повітрі на різні відстані від джерела викиду; надані рекомендації для зменшення забруднення повітря.*

*В работе дана оценка влияния автотранспорта на придорожную зону и определено содержание тяжелых металлов в пробах грунта, смета, травы; рассеивание вредных примесей в воздухе на разные расстояния от источников выброса; даны рекомендации для уменьшения загрязнения воздуха.*

*In this work given estimation of influencing of motor transport on a wayside area and content of difficult metals is definite in the tests of soil, dust, grass; dispersion of harmful admixtures in mid air on different distances from the source of the troop landing; recommendations for reduction of contamination of air.*

**Вступ.** Зменшення забруднення атмосферного повітря токсичними речовинами, які виділяються автотранспортом, є однією з найважливіших проблем, що стоять перед людством. Забруднення повітря чинить шкідливий вплив на людину та навколишнє середовище. Матеріальні збитки, викликані забрудненням повітря, важко оцінити, але вони мають достатньо великі розміри.

При інтенсивній урбанізації автомобільний транспорт став найнебезпечнішим екологічним фактором в охороні здоров'я людини й природного середовища міст. Автомобіль стає конкурентом людини за життєвий простір.

**Постановка задачі.** Місто Дніпродзержинськ відзначається високим рівнем забруднення атмосферного повітря і ґрунту. При будь-якому напрямку вітру викиди промислових підприємств, що оточують центральну частину міста, потрапляють у приземний шар атмосфери житлових масивів. Особливості рельєфу місцевості та розташування підприємств в районі житлових забудов створюють високий рівень забруднення повітря. Цьому сприяють і несприятливі метеорологічні умови. Навколоземні температурні інверсії супроводжуються слабкими вітрами і створюють стійке забруднення атмосфери у вигляді туману.

Забруднення навколишнього середовища призводить до погіршення демографічних показників. Середня тривалість життя в Дніпродзержинську на 2 роки менша, ніж в цілому по Україні. Високим є рівень онкологічних захворювань, ендокринних патологій, хвороб крові, хронічних уражень органів дихання й травлення, ускладнення вагітності й пологів [1].

Екологічна ситуація у місті погіршується, крім викидів від підприємств, також через інтенсивний вплив на довкілля автомобільного транспорту. Кількість забруднюючих речовин, викинутих рухомими джерелами, свідчить, що автотранспорт сьогодні є одним з основних забруднювачів атмосфери міста. Забруднюючі речовини, що потрапляють в атмосферу, осідають на ґрунтах та рослинному покриві у радіусі до 5 км від джерела викидів. Середньорічні концентрації шкідливих речовин у приземному шарі атмосфери перевищують гранично допустимі норми в кілька разів.

Особливістю викидів автотранспорту є те, що вони відразу потрапляють безпосередньо в зону дихання людини і містять свинець, канцерогенні вуглеводні, оксиди азоту, тобто вельми токсичні речовини. Тому заходи по попередженню їх надходження в повітря й інші середовища повинні завжди бути в центрі уваги екологів.

Широка гама токсичних сполук викидається на транспортних магістралях, розташованих у безпосередній близькості від житлової зони. Викидні гази містять близько 200 шкідливих компонентів. Велику тривогу викликає забруднення навколишнього середовища викидами свинцю, який є розповсюдженим забруднювачем повітря й ґрунтів уздовж автомагістралей.

Враховуючи вищезначене, необхідно постійно проводити контроль стану атмосферного повітря міста, контролювати вміст шкідливих речовин у повітрі поблизу автодоріг та у селітебних зонах, з огляду на шкідливий вплив забруднюючих речовин на людину й природне середовище в цілому, розробляти та впроваджувати заходи щодо зменшення вмісту забруднюючих речовин у відпрацьованих газах автомобілів згідно сучасних методів та досягнень науки і техніки.

Метою даної роботи є оцінка впливу викидів від автотранспорту на придорожню зону автодоріг м. Дніпродзержинська та розробка заходів для його зменшення.

Задача: провести відбір проб ґрунту, змету та трави з придорожньої зони автодоріг, визначити вміст важких металів у пробах, розрахувати розсіювання основних токсичних речовин від рухомих джерел викидів, визначити захисну дію зеленої смуги та її необхідну ширину у придорожній зоні, розробити заходи для зменшення негативного впливу автотранспорту на навколишнє середовище.

**Результати роботи.** *Визначена кількість шкідливих речовин, що потрапляють в атмосферу під час спалювання палива автомобілем.* Значну кількість з усіх шкідливих речовин, що надходять з відпрацьованими газами автомобілів, становлять діоксиди вуглецю ( $\text{CO}_2$ ), азоту ( $\text{NO}_2$ ) та вуглеводні ( $\text{C}_m\text{H}_n$ ). Згідно з методикою [2], на базі даних стосовно інтенсивності руху автотранспорту [3], визначено кількість цих речовин, що потрапляють в атмосферу під час спалювання палива автомобілем при проходженні ділянки дороги у 100 м, за формулою:

$$M = K \cdot G,$$

де  $M$  – кількість шкідливих речовин, що виділяються, кг ;

$G$  – кількість палива, що витрачається, кг ;

$K$  – коефіцієнт для визначення домішки в залежності від виду транспорту та інтенсивності руху.

Аналіз отриманих даних показує, що кількість забруднюючих речовин від газових викидів автотранспорту на магістральних вулицях Дніпродзержинська є досить високою і робить помітний внесок у забруднення атмосферного повітря міста. Так, на 100 м шляху у весняно-літньо-осінній періоди тільки по пр. Леніна – пр. Пеліна (р-н пл.

ДМКД) автотранспортом викидається  $3,94 \div 3,61$  г/с CO,  $0,66 \div 0,61$  г/с  $C_mH_n$  та  $0,28 \div 0,25$  г/с  $NO_2$ ; на пл. Визволителів відповідно  $3,09 \div 1,85$ ,  $0,52 \div 0,31$  та  $0,22 \div 0,13$  г/с вказаних речовин; на перехресті пр. Перемоги – пр. М-ла Жукова ці показники складають  $4,5 \div 2,24$  г/с CO,  $0,75 \div 0,38$  г/с  $C_mH_n$  і  $0,31 \div 0,16$  г/с  $NO_2$ . Найбільша кількість викидів спостерігається на ділянці дороги по пр. Леніна – пр. Аношкіна і складає  $6,18; 1,03; 0,42$  г/с відповідно.

На рис.1 наведено характеристику маси викидів CO,  $C_mH_n$ ,  $NO_2$  у різних пунктах міста в літній період.

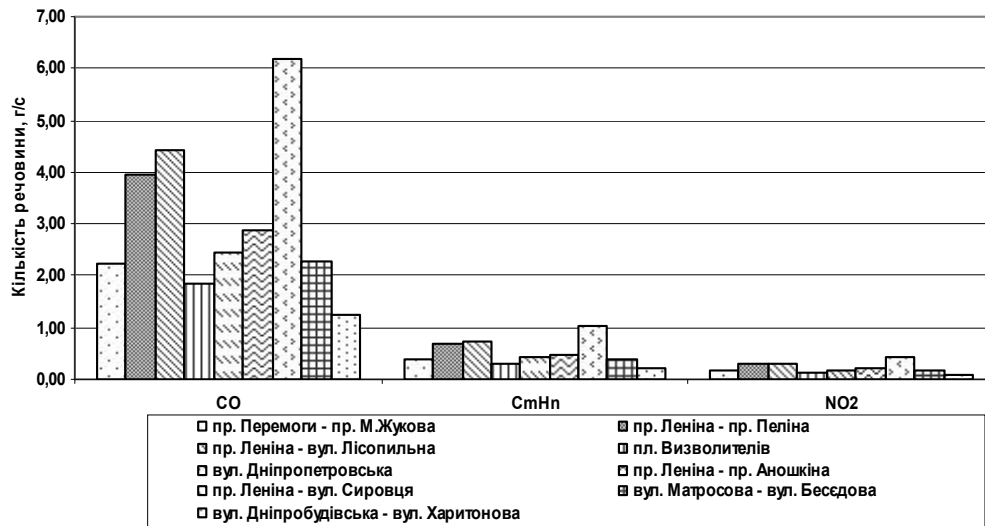


Рисунок 1 – Кількісний склад викидів шкідливих речовин у різних пунктах міста Дніпродзержинська в літній період

*Розсіювання шкідливих речовин в атмосфері поблизу автодоріг.* Згідно з [4] одним із заходів зниження ступеню забруднення приземного шару атмосферного повітря є розсіювання шкідливих викидів, яке необхідно для забезпечення санітарно-гігієнічних умов для життєдіяльності людини.

Максимальне значення приземної концентрації шкідливої речовини  $C_m$  при викиді газоповітряної суміші від вихлопної труби автомобіля визначено за формулою [4]:

$$C_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot t \cdot n}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}, \text{ мг/м}^3,$$

- де  $A$  – коефіцієнт, що залежить від температурної стратифікації атмосфери;  
 $M$  – маса шкідливої речовини, що викидається в атмосферу за одиницю часу, г/с;  
 $F$  – безрозмірний коефіцієнт, що враховує швидкість осідання шкідливих речовин у атмосферному повітрі;  
 $t, n$  – коефіцієнти, що враховують умови виходу газоповітряної суміші із устя джерела викиду;  
 $H$  – висота джерела викиду над рівнем землі, м;  
 $\Delta T$  – різниця між температурою газоповітряної суміші, що викидається, і температурою оточуючого атмосферного повітря,  $^{\circ}C$ ;  
 $V_1$  – витрата газоповітряної суміші,  $м^3/с$ .

Приземна концентрація шкідливих речовин в атмосфері уздовж осі джерела викиду на різних відстанях від автомобілів, що перетнули визначену ділянку дороги, розраховано за формулою [4]:

$$C = S_1 \cdot C_m, \text{ мг/м}^3,$$

де  $S_1$  – безрозмірний коефіцієнт, що визначається в залежності від відношення  $X / X_m$  та коефіцієнта  $F$ .

В результаті розрахунків визначено, що максимальне значення концентрації оксиду вуглецю, вуглеводнів та діоксиду азоту на ділянці автошляху по пр. Леніна влітку спостерігається на відстані 11,4 м від джерела викиду токсичних речовин і складає  $133 \text{ мг/м}^3$ ,  $22,6 \text{ мг/м}^3$ ,  $9,65 \text{ мг/м}^3$  відповідно; розсіювання шкідливих речовин на ділянці дороги по пр. Леніна відбувається поступово і досягає значення гранично допустимої концентрації за таких показників:  $3,05 \text{ мг/м}^3$  по CO на відстані 233 при ГДК<sub>с.д.</sub> –  $3 \text{ мг/м}^3$ ;  $1,5 \text{ мг/м}^3$  на відстані 125 м по  $C_mH_n$  при ГДК<sub>с.д.</sub> –  $1,5 \text{ мг/м}^3$ ; розсіювання  $NO_2$  до нормативного рівня досягається лише на відстані 870 м (при ГДК<sub>с.д.</sub>  $0,04 \text{ мг/м}^3$ ) (табл.1).

Таблиця 1 – Значення приземної концентрації ( $C$ ) CO,  $C_mH_n$  і  $NO_2$  на різних відстанях від джерела викиду  $X$  (пр. Леніна)

№ п/п	$X, м$	$X / X_m$	$S_1$	$C, мг / м^3$		
				CO	$C_mH_n$	$NO_2$
1	0,5	0,04	0,01	1,45	0,24	0,1
2	2	0,18	0,14	19,31	3,26	1,39
3	5	0,44	0,59	79,01	13,34	5,70
4	8	0,70	0,92	122,83	20,74	8,86
5	11	0,96	1,00	133,84	22,60	9,65
6	20	1,75	0,81	108,04	18,24	7,79
7	50	4,39	0,32	43,21	7,29	3,11
8	80	7,02	0,15	20,43	3,45	1,47
9	101	8,86	0,10	13,30	2,24	0,96
10	170	14,91	0,04	5,10	0,86	0,36
11	170	15,18	0,04	4,95	0,83	0,35
12	233	20,44	0,02	3,05	0,51	0,22

Крива залежності  $C_m$  від  $X$  має екстремальний характер (рис.2).

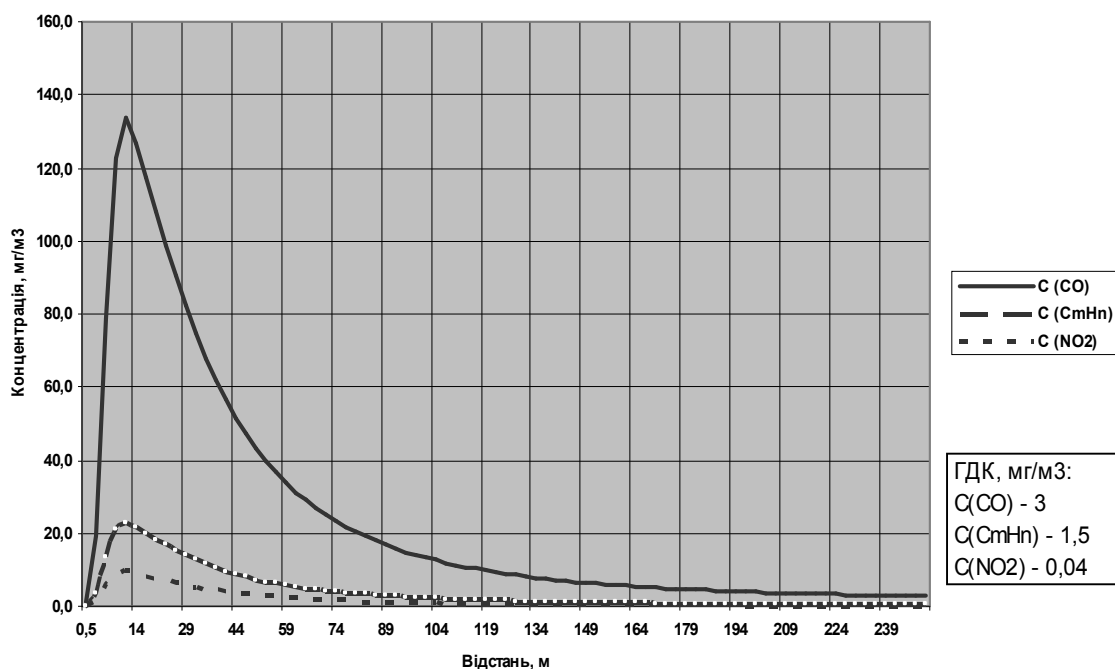


Рисунок 2 – Розсіювання шкідливих речовин від автотранспорту в атмосфері поблизу автодороги по пр. Леніна



Враховуючи, що житлові будівлі у визначеному пункті знаходяться на відстані 10 м, а поблизу автодороги пересувається велика кількість пішоходів, можна сказати, що фактична санітарно-захисна зона не відповідає вимогам по розсіюванню шкідливих речовин. Визначену ділянку можна назвати зоною ризику впливу шкідливих речовин на стан здоров'я жителів міста. Для зменшення приземних концентрацій шкідливих речовин в умовах діючої автомагістралі необхідно приймати новітні способи очищення викидів від автотранспорту та зменшення завантаженості вулиці автомашинами.

В роботі визначено вміст важких металів у пробах ґрунту, змету, трави з придорожньої зони автодоріг. Експеримент проводився стосовно визначення вмісту у пробах таких елементів: Fe, Cu, Co, Mn, Zn, Ni.

Аналіз вмісту важких металів здійснено методом полум'яної атомно-абсорбційної спектроскопії. Цей метод володіє високою чутливістю до окремих важких металів, тому є основою ряду стандартів в галузі охорони навколишнього природного середовища, зокрема контролю вмісту важких металів в об'єктах довкілля.

Відбір та підготовку проб здійснено згідно [5].

На основі показань градувальних графіків та показань спектрофотометру С-115-М1 визначено масову долю досліджуваних важких металів за формулами:

1) стосовно проб ґрунту та змету

$$x = \frac{V \cdot (A_1 - A_0)}{m},$$

де  $x$  – масова частка металу у повітряно-сухій пробі, млн.<sup>-1</sup> (мг/кг);

$A_1$  – концентрація металу в кислотному розчині, мг/дм<sup>3</sup>;

$A_0$  – концентрація металу в контрольній пробі, мг/дм<sup>3</sup>;

$V$  – об'єм досліджуваного розчину, см<sup>3</sup>;

$m$  – маса повітряно-сухої проби ґрунту, г;

2) стосовно проб рослин

$$x = \frac{V \cdot (A_1 - A_0) \cdot K}{m},$$

де  $x$  – масова концентрація металу в рослинній пробі, млн.<sup>-1</sup>, (мг/кг);

$V$  – об'єм досліджуваного розчину золи, см<sup>3</sup>;

$A_1$  – концентрація металу в розчині золи, мг/дм<sup>3</sup> (визначена за градувальним графіком);

$A_0$  – концентрація металу в холостій пробі, мг/дм<sup>3</sup> (за градувальним графіком);

$m$  – маса повітряно-сухої проби рослин, г;

$K$  – коефіцієнт, що враховує зменшення маси наважки рослинної проби.

*Результати експерименту.* У відповідності до розташування ділянок транспортної мережі було визначено забруднення важкими металами (Zn, Co, Cd, Cu, Ni, Fe) зразків змету, ґрунту, покривної рослинності придорожньої зони міста.

У проаналізованих зразках концентрація міді, нікелю, цинку та кобальту перевищує гранично допустиму:

- стосовно Cu перевищення ГДК спостерігається у 2,6, а на деяких ділянках (перехрестя пр. Аношкіна – вул. Сировця) навіть у 17 разів (від 8 до 52 мг/м<sup>3</sup>);

- перевищення концентрації Ni – у 2,8—4,5 разів (12,5 – 19 мг/м<sup>3</sup>);

- вміст Zn перевищує нормативний показник у 3—10 разів. Наприклад, у пробах змету та ґрунту з придорожньої зони перехрестя пр. Аношкіна – вул. Сировця та перехрестя вул. Дніпробудівська – вул. Харитонова концентрація цинку складає 220 – 240 мг/м<sup>3</sup> відповідно при ГДК 23 мг/м<sup>3</sup>;

- концентрація Со у деяких досліджуваних зразках перевищує ГДК в 1,7—15 разів (8,5 – 21,7 мг/м<sup>3</sup> при ГДК 5 мг/м<sup>3</sup>). У зразках рослинного покриву з придорожньої зони по вул. Димитрова, перехрестя вул. Дніпробудівська – вул. Харитонова, перехрестя пр. Леніна – вул. Аношкіна перевищення ГДК не спостерігається – вміст кобальту тут складає 3,9 ÷ 1,85 ÷ 1,4 мг/м<sup>3</sup> відповідно.

Спостерігається незначне перевищення ГДК марганцю у зразках змету з автодороги по вул. Дніпропетровській (1610 мг/м<sup>3</sup>), інші показники вмісту марганцю не перевищують нормативні (від 80 до 1400 мг/м<sup>3</sup> при ГДК 1500 мг/м<sup>3</sup>).

Найбільше важких металів акумулювалось у зразках з придорожньої зони центральної частини міста – перехрестя пр. Аношкіна – вул. Сировця й автодороги по вул. Дніпропетровській, що є результатом значного транспортного навантаження і незадовільного стану доріг.

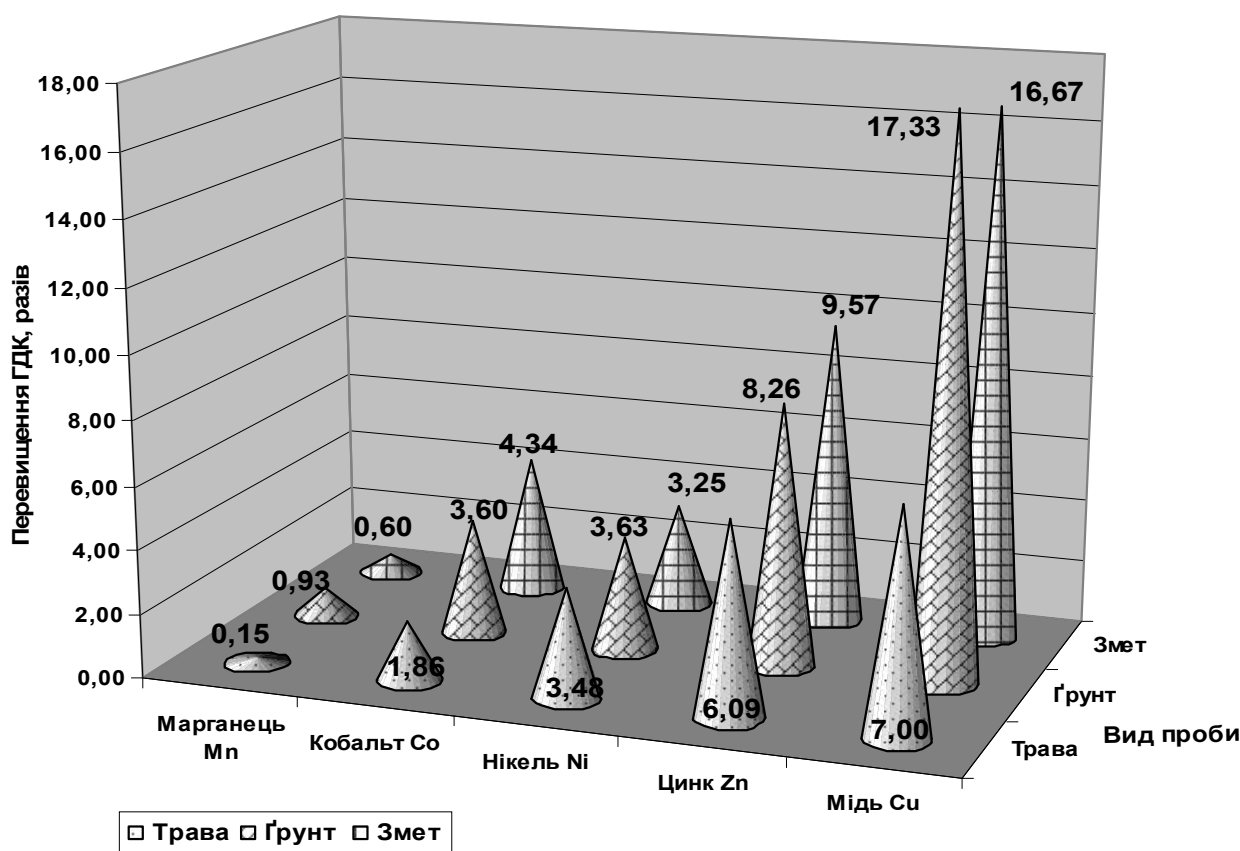


Рисунок 3 – Вміст важких металів у пробних зразках придорожньої зони (перехрестя пр. Аношкіна – вул. Сировця)

Дослідження в межах урбоекосистеми м. Дніпродзержинська, яке посідає значне місце серед міст з розвинутою промисловістю й для якого проблема забруднення довкілля більш ніж актуальна, є необхідними, оскільки до забруднень підприємств додається суттєве забруднення автотранспортом.

*Рекомендації по зменшенню аерогенного навантаження.* Для зменшення викидів забруднюючих речовин, поліпшення умов проживання населення в місцях інтенсивного руху запропоновано наступні заходи: удосконалення двигунів внутрішнього згоряння, застосування систем каталітичної нейтралізації відпрацьованих газів автомобілів; перехід автопарку міста на альтернативні види палива; впровадження екологічно „чистих видів транспорту” (за прикладом розвинених країн). Як особливий захід пок-

ращення екологічної ситуації рекомендовано зменшення концентрації токсичних домішок за допомогою зелених насаджень, враховуючи їх пилозахисні, фільтруючі, іонізуючі, антимікробні, поглинаючі та естетичні властивості.

**Висновки.** З одержаних даних витікає, що автотранспорт має значну долю у забрудненні навколишнього середовища шкідливими домішками. З огляду на це запропоновані та розроблені рекомендації для зменшення аерогенного навантаження в місті.

Визначення шляхів та методів для зменшення негативного впливу автотранспорту є одним із важливих завдань сучасного еколога. Враховуючи постійно зростаючий негативний вплив автотранспорту на довкілля, необхідно всілякими шляхами сприяти покращенню екологічної ситуації.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Екологічний паспорт м. Дніпродзержинська / Є.В.Сорокін., Г.Г.Шматков. – Дніпродзержинська міська рада, НВП „Центр екологічного аудиту та чистих технологій”, 2003. – 37с.
2. Эльтерман В.М. Охрана воздушной среды на химических предприятиях. – М.: Химия, 1985. – 160с.
3. Дослідження впливу автотранспорту на стан атмосферного повітря міста Дніпродзержинська та шляхи його зменшення / М.Д. Волошин, С.Х. Авраменко. – Звіт про НДР, Дніпродзержинськ: ДДТУ. – 2005. – 285с.
4. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД-86 / Общесоюзный нормативный документ. – Л.: Гидрометеиздат. – 1987. – 94с.
5. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства / А.В.Кузнецов, А.П.Фесюк, С.Г.Самохвалов и др. – М.: Центральный институт агрохимического обслуживания сельского хозяйства. – 1992. – 61с.

УДК 504.3.054

МАХОВСКИЙ В.А., к.т.н., доцент  
ЛЯХОВКО А.Д., ассистент  
РАДЧЕНКО А.Г.,\* главный  
государственный санитарный врач  
г. Днепропетровск  
ХЕЙЛИК М.И.,\* зав. отделением  
гигиены труда

Днепропетровский государственный технический университет

\*Санитарно-эпидемиологическая служба г. Днепропетровск

#### К ВОПРОСУ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ И АНАЛИЗ ИСТОЧНИКОВ ВЫБРОСОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

*У статті наводиться аналіз забруднення атмосфери підприємствами чорної металургії – однієї з найважливіших галузей промисловості України. Показана важливість удосконалення технологічних процесів як одного з найбільш перспективних напрямків захисту навколишнього середовища від шкідливих впливів металургійного виробництва.*

*В статье приводится анализ загрязнения атмосферы предприятиями черной металлургии – одной из важнейших отраслей промышленности Украины. Показана важность совершенствования технологических процессов как одного из наиболее перспективных направлений защиты окружающей среды от вредных воздействий металлургического производства.*

*In article the analysis of pollution of an atmosphere is resulted by the industrial enterprises, in particular the enterprises of ferrous metallurgy, one of the major industries of Ukraine. Importance of perfection of technological processes, as one of the most perspective directions of protection of an environment from harmful influences of metallurgical manufacture is shown.*

**Введение.** Среди основных экологических проблем современности наибольшее беспокойство вызывает нарастающее загрязнение атмосферы Земли. Атмосферный воздух является одним из основных жизненно важных элементов окружающей среды. Расширяющееся использование атмосферы и возрастающие масштабы воздействия человека на окружающую среду требуют повышенного внимания к вопросу охраны атмосферного воздуха.

Основными источниками загрязнения атмосферы являются выбросы промышленных предприятий, процессы сжигания топлива, а также лесные пожары.

Главный вклад в загрязнение воздушного бассейна вносит промышленность, особенно в местах ее концентрации. В промышленно развитых странах загрязнение атмосферы возрастает пропорционально росту производства. Сводные мировые выбросы в атмосферу достигли гигантских объемов: примерно 25 млрд. тонн/год CO<sub>2</sub>, 200 млн. тонн/год SO<sub>2</sub>, 400 млн. тонн/год CO, 100 млн. тонн/год NO<sub>x</sub>, свыше 500 млн. тонн/год дымовых частиц и пыли [1].

Предприятия черной и цветной металлургии выбрасывают в атмосферу 20-25 % загрязнений от общего объема выбросов вредных веществ промышленностью [2].

Металлургия является одной из важнейших отраслей народного хозяйства Украины, которая определяет его специализацию и экономический потенциал и предопределяет развитие всех областей промышленности, сельского хозяйства, транспорта и строительства. Металлургический комплекс нашего государства представляет собой совокупность технологически, экономически и организационно взаимосвязанных предприятий и организаций, который имеет в своем составе свыше 270 основных и вспомогательных заводов и фабрик, в том числе 16 металлургических, 45 коксохимических, 8 трубных, 10 метизных, 3 ферросплавных и нерудных, 21 горнорудных, 15 заводов цветной металлургии и 21 предприятие Вторчермета и Вторцветмета, на которых производится 120 млн. т железной руды, 60 млн. т железорудного концентрата, 6 млн. т марганцевой руды, 47 млн. т чугуна, 45 млн. т проката черных металлов, 55 млн. т стали, 615 млн. т стальных труб, сотни тысяч тонн алюминия и концентрата редких металлов, десятки тысяч тонн кремния и электродов в год [3]. Удельный вес металлургического комплекса в промышленно-производственных фондах составляет 16,8%. В нем занято более 605 тыс. работников, или 9% их количества в Украине [3]. От реализации металлопродукции государство получает 120 млн. долларов США, или почти половину своих поступлений от внешней торговли [3].

**Постановка задачи.** Работа основных и вспомогательных цехов заводов черной металлургии сопровождается выбросами в атмосферу большого количества пыли и газов, содержащих сернистый ангидрид, окись углерода, сероводород и другие вредные соединения. Количество вредных выделений зависит от качества перерабатываемого сырья и принятого технологического процесса. Основным сырьем при производстве

металлов являются железная руда, коксующийся уголь, флюсы. Валовое выделение пыли и газов на 1 млн.т годовой производительности заводов черной металлургии составляет в сутки: 350 т пыли, 200 т сернистого ангидрида и 400 т окиси углерода [2]. Кроме того, основные цеха заводов черной металлургии ежедневно выбрасывают в атмосферу до 42 т окислов азота. Средствами очистки газа улавливается лишь часть загрязняющих атмосферу веществ, которые содержатся в газах, отводимых от технологических агрегатов в системы газоочистки. Большое количество пыли и окиси углерода выбрасывается в атмосферу неорганизованно, минуя системы газоочистки. Источниками этих неорганизованных выбросов являются места измельчения, сортировки, транспортировки и складирования пылящих материалов, неплотности конструкций и рабочие проемы технологических агрегатов и др.

Выбросы в атмосферу загрязняющих веществ в Украине за последние 22 года уменьшились втрое (с 12 млн. т/год в 1985г. до 4 млн. т/год в 2007г) [1]. Это связано не столько с усиленными природоохранными мероприятиями, сколько с резким падением объемов промышленного производства. В среднем по Украине выбросы в атмосферу (три четверти всех выбросов – это CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, C<sub>x</sub>H<sub>y</sub> и пыль) промышленных предприятий составляют 75%, из них металлургия – 35%, энергетика – 23%, угольная промышленность – 15%, химическая – 5%, остальные 22% дает автотранспорт (1,5 млн. т/год) [1].

В настоящее время существует два направления защиты окружающей среды от вредных воздействий металлургических предприятий. Первое заключается во внедрении новых технологий и проведении мероприятий, исключающих или уменьшающих загрязнение атмосферы, с последующей переработкой и утилизацией производственных отходов.

Второе направление – разработка таких технологических процессов, которые смогли бы использовать все образующиеся на отдельных стадиях производства отходы в смежных циклах производства, т.е. фактически создание безотходной технологии.

На современном этапе научно-технического прогресса создание полностью безотходных технологических процессов металлургического производства является практически невозможным и экономически необоснованным, поэтому более реальным является первое направление, а именно реконструкция действующих и строительство новых газоочистных установок и совершенствование технологии металлургического производства как одно из наиболее эффективных способов снижения выбросов в окружающую среду.

На основании большого практического опыта, а также анализа различных способов сокращения вредных выбросов на металлургических комбинатах путем совершенствования производственных технологий предложен ряд инженерных мероприятий, внедрение которых позволит существенно сократить выбросы загрязняющих веществ предприятий черной металлургии без строительства нового дорогостоящего газоочистного оборудования.

Наиболее перспективными являются:

- совершенствование технологии металлургического производства с тщательной предварительной подготовкой сырья для уменьшения выделения вредных веществ в атмосферу;

- ограничение или полное прекращение использования в производстве материалов, применение которых связано со значительным выделением вредных веществ;

- эффективная герметизация оборудования, при работе которого происходит подсос значительных объемов воздуха, а также выделение пыли и газов в рабочую зону;

- максимальное использование утилизационными установками тепла отходящих газов для снижения химического и термального загрязнения атмосферы; полное использование горючих газов металлургического производства.

**Результаты работы.** В качестве объекта исследований авторами был выбран Мариупольский металлургический комбинат им. Ильича, на котором предложенные мероприятия были внедрены на различных участках производства, а именно:

1. Внедрение технологии спекания агломерата с комбинированным нагревом шихты и термической обработкой спека на агломерационной фабрике. Для интенсификации процесса спекания и уменьшения пылевыделения на шести агломашинах типа АКМ-1-П-85/160 в барабанах-окомкователях смонтированы установки для подогрева шихты продуктами сжигания природного газа. Установка представляет собой систему двух газовых горелок: основной типа ГПН-9, предназначенной для подогрева шихты, и запальной горелки для зажигания основной. Производительность основной горелки по расходу газа  $250 \text{ м}^3/\text{ч}$ , запальной –  $6 \text{ м}^3/\text{ч}$  при давлении газа  $400 \text{ кгс}/\text{м}^2$ . Воздух для горения подается вентилятором типа Ц-14-46 производительностью  $3000 \text{ м}^3/\text{ч}$  при давлении  $200 \text{ кгс}/\text{м}^2$ . Регулирование соотношения газа и воздуха осуществляется автоматически или дистанционно дроссельным клапаном.

Установка смонтирована в барабане-окомкователе  $3,2 \times 12,5$  на расстоянии 5 м от загрузочной части за распыляющими воду форсунками. Подогрев шихты осуществляется на  $15-17^\circ\text{C}$ , что обеспечивает возможность повышения толщины спекаемого слоя на 30 мм и снижение за счет этого содержания мелочи (фракции 0-5 мм) в готовом агломерате на 0,5%.

Комбинированный горн относится к типу трехсекционных горнов: первая секция – зона зажигания с рабочей температурой в пределах  $1000-1300^\circ\text{C}$ ; вторая – зона повышенной тепловой обработки поверхности шихты с рабочей температурой  $900-600^\circ\text{C}$ ; третья – зона низкотемпературной обработки поверхности готового спека с рабочей температурой  $600-400^\circ\text{C}$ . Для более равномерной тепловой обработки поверхности шихты по ширине аглоленты тип горелок в каждом ряду чередуется: длиннопламенная с короткопламенной, причем установлены они в шахматном порядке по отношению к противоположной стороне.

Исследования показали, что применение комбинированного горна для спекания агломерата по новой технологии с предварительным подогревом обычных шихтовых материалов позволило:

- а) сократить расход твердого топлива на спекание на 14,6% с соответствующим исключением из агломерата золы топлива;
- б) улучшить прочность агломерата по барабанному показателю на удар на 0,6%, сократить количество мелочи (фракции 0-5 мм) в нем на 0,9%;
- в) увеличить производительность агломашин на 5%.

Кроме того, такая технология обеспечивает заметное по сравнению с предшествующим способом спекания сокращение выноса пыли с лент и, следовательно, уменьшает количество шлама на 1 т продукции.

Повышение прочности агломерата положительно влияет на уменьшение пылеобразования на участках загрузки его в камеры на аглофабрике, при разгрузке бункеров доменного цеха, уменьшает вынос пыли на колошниках доменных печей.

2. Замена материала, используемого для покраски изложниц в цехе подготовки составов. Применение для этой цели сульфощелочи взамен каменноугольной смолы обеспечило значительное снижение токсичных выбросов. При этом только потребление кузбаслака, выгорающего на изложницах и загрязняющего газами атмосферу, уменьшилось на 900 т в год. Это позволяет улучшить условия труда обслуживающего персонала цеха подготовки составов и расположенных рядом мартеновского и конвертерного цехов.

3. Полное использование горючих газов металлургического производства и максимальное использование тепла уходящих газов мартеновских печей, конвертерных ус-

тановок и нагревательных печей прокатных цехов с целью получения вторичных энергоресурсов и (как сопутствующего фактора) уменьшения термального и газового загрязнения атмосферы. На комбинате им. Ильича газ доменных печей полностью используется как энергетическое топливо. Широко внедрены на заводе теплоутилизационные установки: охладители конверторных газов (котлы ОКГ), котлы-утилизаторы за мартеновскими печами и теплофикационные экономайзеры за нагревательными колодцами слябинга. Осуществляется систематический контроль за герметичностью обмуровки дымовых боровов мартеновских и нагревательных печей и оперативное устранение всех возникающих неплотностей.

Обеспечение герметизации, кроме сокращения количества дымовых газов и уменьшения выбросов пыли, сокращает также расход электроэнергии агрегатами, отсасывающими газы. Эти мероприятия обеспечивают экономию топлива, значительное уменьшение загрязнения атмосферы высокотоксичными и высокотемпературными газами. Даже в том случае, когда неиспользуемые на заводах избытки доменного газа сжигаются на свечах, степень загрязнения атмосферы увеличивается незначительно. К положительным факторам, влияющим на снижение температуры отходящих газов и, следовательно, термального загрязнения атмосферы, следует отнести наличие газоочисток мокрого типа.

**Выводы.** На Мариупольском металлургическом комбинате им. Ильича в результате модернизации технологических процессов (агломерационная фабрика, цех подготовки составов, газовое хозяйство) и оборудования уменьшились выбросы вредных веществ в рабочую зону и атмосферу на 20-30 %, улучшились условия труда работников, уменьшилась нагрузка на газоочистное оборудование, что положительно влияет на ресурс его работы. Кроме того, более эффективно используются дорогостоящие сырье и энергоресурсы, что особенно актуально на сегодняшний день для Украины, учитывая сложившуюся ситуацию с ценами на энергоносители.

Совершенствование технологии производства является одним из перспективных направлений, которое решает и экологические и экономические задачи.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Краснянский М.Е. Основы экологической безопасности территорий и акваторий. – Донецк: ООО «Лебедь». – 2004. – 155с.
2. Юдашкин М.Я. Пылеулавливание и очистка газов в черной металлургии. – М.: Металлургия. – 1984. – 320с.
3. Остапчук М.В., Рибак А.І. Система технологій. – К.: ЦУЛ. – 2003 – 555с.

УДК 621.74.046:502:330.123.72

ТИТОВА Т.М., к. т. н., доцент

Днепродзержинский государственный технический университет

### **СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ И ИХ РЕШЕНИЕ В ПРОЦЕССЕ СОЗДАНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ БИМЕТАЛЛОВ**

*На думку автора, єдино ефективний шлях вирішення проблеми захисту навколишнього середовища – створення екологічно безпечних технологій виробництва й переробки металопродукції. Пропонована технологічна схема одержання біметалічної заготовки включає електрометалургійні засоби ведення процесу плавки, вакуумування,*

безперервне розливання й представляє перший крок у напрямку створення технологій замкнутого виробничого циклу, що відповідають сучасним поданням про ефективні безперервні технологічні процеси, що забезпечують високу якість одержуваної двошарової заготовки, екологічну чистоту, ресурсозбереження, повторне залучення у виробничий цикл відходів і металобрухту.

По мнению автора, единственно эффективный путь решения проблемы защиты окружающей среды – создание экологически безопасных технологий производства и переработки металлопродукции. Предлагаемая технологическая схема получения биметаллической заготовки включает электрометаллургические средства ведения процесса плавки, вакуумирование, непрерывную разливку и представляет первый шаг в направлении создания технологий замкнутого производственного цикла, соответствующих современным представлениям об эффективных непрерывных технологических процессах, обеспечивающих высокое качество получаемой двухслойной заготовки, экологическую чистоту, ресурсосбережение, повторное вовлечение в производственный цикл отходов и металлолома.

*In opinion of the author it is unique an effective way of the decision of a problem of protection of an environment - creation of ecologically safe "know-how" and processings metal productions. The offered technological circuit of processing of bimetallic preparation includes electrometallurgical means of conducting process swimming trunks, pumping out, continuous casting and represents a first step in a direction of creation of technologies of the closed production cycle appropriate to modern representations about effective continuous technological processes, providing high quality of received two-layer preparation, ecological cleanliness, recourses-saving, repeated involving to a production cycle of waste products and scrap metal.*

**Введение.** Характерными приметами современного мира, вступившего в новое тысячелетие, доставшимися ему от века минувшего, являются сложная экологическая ситуация, обусловленная загрязнением окружающей среды, и резкое снижение запасов природных ресурсов, возникшее в результате безрассудной траты полезных ископаемых. Постоянное увеличение выбросов вредных веществ и газов в атмосферу, создание отвалов из отходов производства, являющихся результатом техногенной деятельности человека, ведут к нарушению экологической обстановки на планете, изменению климата, росту числа тяжелых заболеваний и сокращению продолжительности жизни людей, что вынуждает человечество все активнее проявлять тревогу о чистоте среды своего обитания, рассматривая ее как первостепенную проблему. Настало время, когда предельно ясно, что экологическая сфера жизнедеятельности человека, став межнациональной проблемой, затрагивает одновременно всех и непосредственно каждого жителя нашей планеты.

В попытке остановить приближающуюся экологическую катастрофу и с целью противодействия негативным факторам глобального загрязнения окружающей среды и истощения ресурсов проводятся различные мероприятия, в том числе:

- созданы специальные службы, занимающиеся контролем ситуации и принятием штрафных мер к нарушителям;
- повсеместно производится замена устаревшего оборудования и технологий;
- разработаны и активно внедряются на производствах разнообразные очистительные сооружения;
- постоянно появляются различные межгосударственные законы, договора и соглашения, нацеленные на ограничение выбросов вредных веществ и, прежде всего га-



зов, создающих «парниковый эффект» (например, Международная декларация по экологически чистому производству и устойчивому развитию, Киотский протокол и пр.). В современных условиях значительные надежды возлагаются на выполнение решений этих документов и, прежде всего, Концепцию устойчивого развития общества, принятую ООН в конце прошлого тысячелетия.

**Постановка задачи.** Украина по индексу экологической устойчивости, оглашенном в Давосе в 2002г., занимает 137 место (!) среди 142 стран мира. При этом Днепропетровщина лидирует по деградации окружающей среды. На землях нашего региона расположено 500 мощных промышленных объектов повышенной техногенной и экологической опасности, концентрация промышленных мощностей в горнодобывающей отрасли и металлургии превышает среднеукраинский уровень в 10 и 7 раз соответственно. Мы дышим воздухом, загрязненным выбросами, плотность которых на душу населения области в 2,9 раз превышает средние показатели по Украине. Причем на единицу площади этот показатель в 4 раза выше допустимых норм. Больше всего от вредных отходов страдают Днепропетровск, Днепродзержинск, Кривой Рог. Общая масса промышленных отходов составляет 30 т на человека, что, например, в 47 раз больше, чем в Финляндии.

Черная металлургия страны в настоящее время занимает лидирующее положение в загрязнении окружающей среды, опережая традиционного лидера – энергетику. Причины сложившейся ситуации обусловлены следующими факторами:

- во-первых, потреблением металлургическими предприятиями большого числа (около 20%) углеводородных ресурсов, превращаемых в углекислый газ;
- во-вторых, использованием металлургами устаревшего оборудования и технологий (так, в мартеновских печах выплавляется около 45% стали [1], доля непрерывно разливаемой стали, при среднемировой – 95-100%, составляет только треть общего объема выплавляемой в стране стали), при этом износ основных производственных фондов в среднем по отрасли составляет более 60%;
- в-третьих, низкой оснащенностью металлургических предприятий очистительными сооружениями;
- в-четвертых, недостаточным контролем и финансированием природоохранной деятельности предприятий;
- в-пятых, общим подъемом производства, наблюдающимся в последние годы и сопровождающимся ростом выбросов в атмосферу вредных газов и промышленных отходов, что особенно усугубило экологическую обстановку особенно в левобережной части страны. В частности, согласно данным Министерства экологии природных ресурсов Украины, взятым на основании статистической отчетности предприятий (поскольку независимые систематические замеры в постсоветской Украине не производятся [2]), выбросы предприятий Донецко-Приднепровского региона составляют 86,3% всех выбросов в атмосферу [3]. Внутри подотрасли лидирующее положение занимает Кривой Рог – 435 тыс. т выбросов в год. Образование же промышленных отходов в металлургии достигает 30% объема производства стали [4].

В то же время подсчитано [5], что затраты на ликвидацию последствий экологических катастроф в 30...35 раз превышают затраты на мероприятия, направленные на защиту окружающей среды. В сложившейся ситуации мероприятия по снижению выбросов газов, создающих парниковый эффект, и прежде всего CO<sub>2</sub>, все в большей степени становятся приоритетным направлением развития черной металлургии (бескоксовая металлургия, вывод из эксплуатации мартеновских печей, повсеместное внедрение электродуговых печей и непрерывной разливки стали и др.).

В последние годы в Украине отмечается усиление внимания со стороны государственных органов к проблемам экологии. Так, Закон Украины «Про охрану окружающей среды», специальный раздел Национальной программы развития и реформирования горно-металлургического комплекса (ГМК) Украины до 2010г. и пр. [6] содержат стратегию защиты окружающей среды и нацелены на ограничение вредных выбросов в атмосферу, а также плановую работу по улучшению экологической ситуации. Исключительную важность представляет создание ассоциации предприятий ГМК Украины «ЭКОМЕТ» [3]. Необходимым шагом в решении проблемы экологической безопасности Украины может быть также внедрение системы управления качеством окружающей среды и, в частности, системы экологического менеджмента EMAS и ISO-14000.

В условиях рыночных отношений неудовлетворительные экологические показатели ведут к снижению конкурентоспособности выпускаемой металлопродукции и применению штрафных санкций к предприятиям. В одних случаях это заставляет предпринимателей идти на немалые затраты для приобретения средств защиты окружающей среды от техногенных выбросов. В других – оказывается выгоднее платить штрафы. Все перечисленные мероприятия все же не позволяют эффективно и в полной мере решить проблему экологической безопасности. Одна из попыток найти выход из создавшегося положения состоит в стремлении оптимизировать существующие технологические процессы. Однако сегодня уже достаточно ясно, что оптимизация старых технологий практически себя исчерпала, а создание эффективных конкурентоспособных технологических схем может быть связано только с разработкой принципиально новых «прорывных» технологий, поскольку нет предложений, реализация которых способствовала бы повышению эффективности процессов более, чем на 10-15% [7]. Поэтому единственным надежным путем защиты окружающей среды является внедрение экологически безопасных технологий и вовлечение в повторный цикл производства отходов и металлолома. Такие технологии должны удовлетворять ряду требований. Например, согласно [8], в качестве основных предложено рассматривать 9 критериев (по латинской аббревиатуре – 9C), важнейшие среди которых: компактность, экологическая чистота, непрерывность, полнота процесса, экономичность, ориентация на качество и компьютерное управление.

Несомненно, создание в ближайшем будущем экологически чистых процессов и технологий станет определяющим направлением дальнейшего развития цивилизации и металлургии в частности. При этом особую актуальность приобретает создание замкнутых технологических процессов, подобных природным, позволяющих осуществлять рециркуляцию материалов. В современных условиях степень развития и эффективность производства определяются не общим объемом произведенной продукции, а энерго- и ресурсозатратами на единицу выпускаемой металлопродукции и уровнем использования новых технологий. Сегодня не безразлично, с применением каких технологических схем получена та или иная продукция. Кроме того, внедрение новых инновационных технологий позволяет сократить объемы производства при улучшении качества выпускаемой продукции.

Внедрение новых, так называемых «высоких», технологий способствует улучшению экологической обстановки, что наглядно демонстрируют Япония, США, Великобритания, Китай и др. страны, где четко прослеживается тенденция к снижению выбросов вредных газов в атмосферу. (В настоящее время в Украине с помощью новых технологий выпускается только около 20% всей металлопродукции [9]). Удельные выбросы на зарубежных металлургических предприятиях, использующих современные средства плавки и разлива (электродуговые печи и МНЛЗ), в десятки раз ниже, чем на отечественных предприятиях с выплавкой стали в мартеновских печах и разливкой в изложницы.

Помимо экологического фактора, другой важной предпосылкой создания новых технологий является бережное отношение к сильно истощающимся запасам сырьевых ресурсов [10], которое достигается экономным легированием, выбором эффективных режимов термической обработки металла, вовлечением в повторный производственный цикл отходов и металлолома, использованием современных технологий на всех этапах технологической цепи. Широкие возможности в решении проблемы экономного использования ресурсов открывают композиционные материалы и, в частности, слоистые металлы и сплавы и биметаллы, применение которых одновременно позволяет решить еще одну важнейшую проблему – получение материалов с улучшенным или повышенным комплексом физико-механических и эксплуатационных свойств. В свою очередь решение задачи получения высококачественных слоистых металлов и сплавов связано с разработкой эффективных технологий их производства, обеспечивающих необходимое соотношение слоев при высоком качестве зоны их контакта. Выполненные нами ранее исследования свидетельствуют о высоком качестве контактной зоны в случае получения слоистых сталей в процессе литья из жидких составляющих [11], а также из твердых и жидких составляющих в условиях вакуума [12].

Учитывая вышеперечисленные предпосылки и факторы, цель работы состояла в создании принципиально новой технологии производства биметаллической заготовки, обеспечивающей экологическую безопасность, ресурсосбережение, рециклинг отходов и предназначенную для изготовления проволоки. Предлагаемую технологию можно рассматривать как часть общей технологической схемы производства и переработки биметаллической продукции замкнутого цикла.

Актуальность создания такой технологии связана с необходимостью получения сталемедной заготовки для контактных проводов повышенной прочности, предназначенных для планируемых и строящихся высокоскоростных железнодорожных магистралей, а также отсутствием такого рода технологий в Украине. Применяемая в России литейная технология получения биметаллической проволоки, предполагающая отливку биметаллического слитка с расположенной по оси стальной вставкой, последующей термообработкой его, прокаткой и пр., – многозвенна, трудоемка, и, что особенно важно, не обеспечивает надежного качества зоны контакта слоев [13]. Экологически вредные методы изготовления омедненной проволоки, предусматривающие подготовку поверхности, волочение, термообработку, как и нанесение медного покрытия, повторное волочение, калибровку и пр., так и гальванические способы [14], не обеспечивают сплошности покрытия.

**Результаты работы.** Согласно разработанной технологической схеме (рис. 1а) в индукционной печи 1 размещают емкость 2 для расплавления легкоплавкого металла 3, который затем одновременно с подаваемой по центру стальной вставкой 4 поступает в кристаллизатор 5, где осуществляется формирование биметаллической заготовки 6, которую вытягивают с помощью роликов 7. Все элементы системы размещены в вакуумной камере 8. Стальная вставка выполняет роль армирующего элемента, обеспечивая требуемый комплекс прочностных свойств композита.

Технология опробована в условиях лабораторной базы Запорожского национального технического университета<sup>1</sup>. В качестве исходных материалов использованы медь в виде отходов и стальная проволока-вставка. Полученные полунепрерывнолитые сталемедные заготовки диаметром 8 мм со стальной вставкой диаметром 3 мм отличаются высоким качеством поверхности и бездефектной зоной контакта слоев (рис. 1б).

---

<sup>1</sup> Экспериментальная часть работы выполнена к.т.н. Г.А. Бяликом и к.т.н. С.И. Адамчуком.

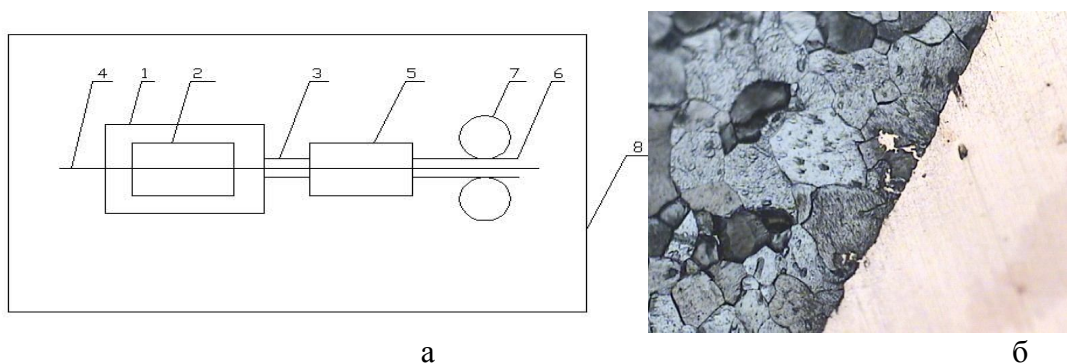


Рисунок 1 – Схема технологии получения биметаллической полунепрерывнолитой заготовки (а) – обозначения в тексте и фото зоны контакта слоев сталемедной заготовки в травленном шлифе, x200 (б)

Разработанная технология отвечает основным требованиям, предъявляемым к современным высоким технологиям [8]: компактность, экологическая чистота, непрерывность, полнота процесса, экономичность, качество, а также характеризуется простотой, мобильностью, технологической и экономической рациональностью, компактностью, возможностью осуществления рециклинга отходов, что при одновременном двойном ресурсосбережении (достигаемом в процессе отливки биметалла и использования в качестве исходных материалов медного лома) и совмещении операций, а также использовании экологически чистого вида энергии – электричества – позволяет изготавливать эксклюзивные партии заготовок, по форме и размерам приближающимся к готовой металлопродукции.

Особо следует отметить несколько аспектов разработанной технологии: универсальность, позволяющая использовать в качестве исходных материалов различные легкоплавкие и тугоплавкие металлы и сплавы; использование в качестве энергоносителя электричества; возможность осуществления полунепрерывного или непрерывного процесса производства и включения в повторный производственный цикл вторичного сырья. По-видимому, справедливо заметить, что при оценке технологий замкнутого цикла следует учитывать весь широкий комплекс мероприятий по производству и исходных материалов, и конечной продукции. Так, в настоящее время для получения самого «чистого» вида энергии используют самое «грязное» производство, поскольку энергетика вносит одну из самых больших лепт в загрязнение окружающей среды. Это ставит под вопрос заявление о создании экологически безопасных технологий, базирующихся на использовании электроэнергии. Однако есть оптимизм, что при применении в энергетике прогрессивных технологий (к примеру, основанных на водородной концепции [15]) отрасль приобретет статус экологически безопасной.

В настоящее время стимулом для использования медных отходов и лома являются постоянно увеличивающийся спрос на медь, медьсодержащие сплавы и биметаллическую сталемедную продукцию, ограниченные мировые запасы меди и отсутствие их в Украине, а также неуклонно возрастающая, в этой связи, цена, которая достигла предельного за последние 8 лет значения – 3020 дол. [16, 17]. В течение ближайших лет потребность в меди будет возрастать ежегодно на 4%, а согласно разным оценкам специалистов дефицит меди в нынешнем году может вырасти до 500 тыс. и даже 1 млн. т [18], этому способствует ценовая ситуация на рынке, где цены на медь неуклонно растут. При этом мировое производство меди испытывает периодически как подъемы, так и спады при постоянно растущем спросе (в 2003г. производство снизилось на 1% за счет сокращения вторичной переработки на 10%, а спрос возрос на 2,5% [19]). В то же время медь считается настолько выгодным для рециркуляции материалом, что эконо-

мически целесообразно производить даже рециркуляцию воды после очистки от электролитического медного покрытия [20]. Учитывая постоянно растущую цену и увеличивающийся спрос на медь, а также дефицит ее, стремятся к увеличению скорости рециркуляции меди. Так, в Германии она составляет 46% с планированием довести до 95%. Значительное внимание вопросам переработки меди уделяется и в Украине. Концептуальные подходы к решению приоритетных проблем в этой области изложены в Программе «Медь Украины» [6].

**Выводы.** Одновременно с возросшим пониманием обществом ситуации в области экологии и ресурсосбережения и принятием соответствующих договоров, соглашений и штрафных санкций, а также строительством дорогостоящих установок по улавливанию и очистке вредных веществ реальный путь защиты окружающей среды состоит в создании ресурсосберегающих, экологически безопасных технологий производства металлопродукции и переработки отходов и лома.

Неуклонно возрастающие объемы потребления сталемедной продукции быстро развивающимися отраслями хозяйства и транспорта страны наряду с ростом цен на медь и в отсутствие собственного сырья в Украине определяют необходимость поиска эффективных ресурсосберегающих технологий производства сталемедной металлопродукции и переработки медного лома и отходов.

Концепция технологии получения биметаллических заготовок соответствует современным представлениям о создании эффективных непрерывных технологических процессов, использующих современные электрометаллургические средства ведения плавки, обеспечивающих качественные показатели получаемых заготовок, возможность изготовления небольших партий изделий, мобильность, экологическую чистоту, ресурсосбережение, повторное вовлечение в производственный цикл металлических отходов и лома.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Основные направления и перспективы развития сталеплавильного производства в Украине / Ю.С.Кривченко, А.А.Малик, В.Я.Орман, А.В.Филяк / *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2007. – №1. – С.2-4.
2. Мантула В.Д., Сталинский Д.В. Анализ экологических проблем горно-металлургического комплекса и основные пути их решения / *Экология и здоровье человека. Охрана водного и воздушного бассейнов. Утилизация отходов* // Сб. научн. статей XI1 Междунар. научно-практич. конф. / УкрГНТЦ «Энергосталь». – Харьков: Райдер, 2004. – С.178-181.
3. Шматков Г.Г. Экологическая ассоциация предприятий горно-металлургического комплекса Украины «Экомет» / *Екологія та виробництво*. – 2002, вересень. – С.8-10.
4. Современное состояние проблемы образования и накопления промышленных отходов в Украине / А.М.Касимов, О.Е.Леонова, Ю.А.Кононов и др. / *Экология и промышленность*. – 2007. – №2. – С.46-51.
5. Яновский А.М. Экологическая безопасность новых объектов техники – требование современности/ *Металл и литье Украины*. – 1998. – №11-12. – С.47-49.
6. Стасовский Ю.Н. Стратегия перспективного развития в Украине: мини производство прецизионных труб из черных и цветных металлов/ *Сучасні проблеми металургії: Наукові праці*. – Том 4/ Стратегія, задачі і організація науково-технічного розвитку горно-металлургического комплекса Украины / Дніпропетровськ: “Системні технології”. – 2003. – С.285-302.

7. Бира Ж.–П., Анро Ф., Данлуа Ж. Технологии уменьшения выбросов углекислого газа в черной металлургии: исследования сравнительной эффективности на основании расчетов / Черные металлы. – 2004. – №2. – С.55-61.
8. Линдорфер Б., Хедль Х., Мервальд К. Технологические модульные узлы для высокоэффективного литья слябов / Металлургическое производство и технология металлургических процессов (МРТ). – 1999. – С.32-41.
9. Против лома нет приема / Металлинформ. – 2004. – №23. – С.15.
10. Зиборов А.П. Морское горно-металлургическое производство – сплав новых технологий / Сучасні проблеми металургії: Наукові праці. – Том 4. – Стратегія, задачі і організація науково-технічного розвитку горно-металлургического комплекса Украины. – Дніпропетровськ: “Системні технології”. – 2003. – С.328-335.
11. Титова Т.М., Поляков С.Н. Особенности формирования двухслойного слитка и микроструктуры композитного проката. – Сталь. – 1999. – №12. – С.57-60.
12. Литейные технологии получения биметаллических слитков / Т.М.Титова, В.В.Лунев, Г.А.Бялик и др. / Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2002. – Спец. вып. №5. – С.206-209.
13. Андреев А.В. Новая технология изготовления проволоки с оболочкой из медной ленты и катанки / Сталь. – 2004. – №1. – С.54-56.
14. Родичкин И.А. Нетрадиционный способ изготовления омедненной сварочной проволоки / Сталь. – 2003. – № 11. – С.73-75.
15. Субботин В.И. Концепция водородной энергетики на основе применения газовых турбин и использования энергоаккумулирующих веществ/ Сб. трудов IV Российской Выставки «Изделия и технологии двойного назначения». – М. – 2003. – С.254-257.
16. Международное обозрение / Металлы мира. – 2003. – №8 (56). – С.54.
17. Цены на медь растут. (Новости) / МеталИнформ. – 2004. – №13 (44). – С.9.
18. Дефицит меди на мировом рынке достигает 500 тыс. т / Металлинформ.- 2004. – №14. – С. 9.
19. Спрос на медь в мире растет / Металлинформ. – 2004. – №18-19. – С.12.
20. Бойченко Б.М., Величко А.Г. Рециркуляция материалов – ресурсы для будущего/ Металл и литье Украины. – 1998. – №5-6. – С.3-7.

УДК 504.75.6

РОЗДОБУДЬКО Э.В.\*, ст. преподаватель  
МИЛЮТИН В.Н., д.ф.-т.н., профессор

\*Днепродзержинский институт экономики и менеджмента  
Днепродзержинский государственный технический университет

### **ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСОБРАЗНОСТЬ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ ПО ЗАЩИТЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

*Реконструкція пилоуловлюючих установок системи аспірації повітря цементних млинів з використанням інвестицій дозволяє підвищити ефективність уловлення пилу до гранично допустимих викидів у атмосферне повітря і зменшити збиток, що завдається навколишньому середовищу.*

*Реконструкция пылеулавливающих установок системы аспирации воздуха цементных мельниц с привлечением инвестиций позволяет повысить эффективность*

улавливания пыли до установленных предельно допустимых выбросов в атмосферный воздух и уменьшить ущерб, наносимый окружающей среде.

*Reconstruction of options of catching of dust of the system of cleaning of air of cement mills with bringing in of investments, allows to promote efficiency of catching of dust to the maximum norms of the troop landing in the atmospheric air and decrease harm inflicted to the environment.*

**Введение.** Экологическая ситуация на территории Украины характеризуется как чрезвычайно опасная, с негативной тенденцией сокращения высокими темпами уровня региональной техногенно-экологической безопасности урбанизированных и промышленных территорий. В промышленных регионах и городах большие антропогенные нагрузки являются причиной обострения экологической и социально-экономической ситуации, которая негативно влияет на демографическую обстановку.

Особенно это относится к Приднепровскому промышленному региону, где техногенная нагрузка на одного жителя составляет 500-1000 кг вредных веществ. Сокращение городского общественного транспорта и увеличение количества маршрутных такси также значительно увеличило антропогенную нагрузку на атмосферу городов.

Нестабильное состояние экономики, острый дефицит средств на реализацию природоохранных мероприятий и внедрение экологически безопасных технологий приводит к тому, что на большинстве предприятий с целью экономии энергоресурсов производится отключение от энергоснабжения пылегазоулавливающих установок и сооружений. Это наносит ущерб окружающей среде и здоровью населения. Выходом из этого положения может быть привлечение иностранных инвесторов и внедрение высоких технологий в отечественные производства для улучшения экологической безопасности.

**Постановка задачи.** На одном из предприятий – цементном заводе крупного промышленного центра – по данным проведенных исследований отмечалось увеличение содержания цементной пыли в атмосферном воздухе от 1.03 в 2001 году до 2.6 ПДК в 2004 году на границе санитарно-защитной зоны. Территория предприятия расположена в северо-западной части города с шириной санитарно-защитной зоны 1000 м.

Рельеф площадки спокойный, с небольшим уклоном в юго-восточном направлении. Коэффициент рельефа  $\eta = 1$ .

Годовая роза ветров, %:

С – 11; СВ – 12; В – 13; ЮВ – 10; Ю – 17; ЮЗ – 11; З – 10; СЗ – 16; штиль – 11.

Предприятие расположено в зоне со среднегодовым количеством осадков 450-480 мм. Средняя температура июля  $+21.5^{\circ}\text{C}$  и января  $-4.5^{\circ}\text{C}$ . Относительная влажность соответственно 45 и 85%. Среднегодовое значение модуля скорости ветра на уровне флюгера – 3.4 м/с, а скорость ветра, превышающая повторяемость 5%, – 10 м/с.

С целью улучшения экологической обстановки и качества атмосферного воздуха фирмой, которая является иностранным инвестором предприятия, была проведена реконструкция пылеулавливающих установок (ПУУ) системы аспирации воздуха цементных мельниц. Фирма инвестировала 3,0 млн.грн. в проект реконструкции, что позволило повысить степень защиты окружающей среды и получить экономию средств от снижения предотвращенного экономического ущерба.

**Результаты работы.** В результате проведенных мероприятий эффективность улавливания цементной пыли от систем аспирации воздуха повысилась до 98%.

Определение экономического ущерба от загрязнения атмосферы цементной пылью производилось согласно требованиям [1] по формуле:

$$Y_a = \gamma \cdot \sigma \cdot f \cdot M, \text{ грн.}, \quad (1)$$

где  $\gamma$  – константа, числовое значение которой равняется 2.88 грн. за условную тонну;  
 $\sigma$  – показатель относительной безопасности;  
 $f$  – коэффициент рассеивания выбросов;  
 $M$  – масса выброса загрязняющего вещества, т/год.  
 Поправка на тепловой подъем факела выбросов в атмосферу:

$$\begin{aligned} \varphi &= 1 + T / 75^{\circ}; \\ \varphi &= 1 + 20 / 75^{\circ} = 1.27. \end{aligned} \quad (2)$$

Зона активного загрязнения (ЗАЗ) для источников высотой  $h > 10$  м представляет собой кольцо, которое находится между окружностями с внутренним радиусом  $r = 2 \varphi h$  и внешним  $R = 20 \varphi h$ .

$$r = 2 \cdot 1.27 \cdot 80 = 203.2 \text{ м.}$$

Площадь зоны активного загрязнения

$$S_{\text{зав}} = \pi(R^2 - r^2), \text{ м}^2, \quad (3)$$

где  $S_{\text{зав}}$  – площадь зоны активного загрязнения,  $\text{м}^2$ ;  
 $R$  – радиус зоны, м.

Показатель  $\sigma$  относительной опасности загрязнения атмосферного воздуха для промплощадки и селитебной зоны составляет

$$\sigma = \sigma_{\text{зав}} = \sum_{i=1}^n \frac{S_i}{S_{\text{зав}}} \cdot \sigma_i, \quad (4)$$

где  $\sigma_{\text{зав}}$  – зона активного загрязнения, га/чел.;  
 $\sigma_i$  – показатель относительной опасности загрязнения, га/чел.;  
 $S_i - S_{\text{зав}}$  – площади зон,  $\text{м}^2$ .

Площадь ЗАЗ селитебной зоны составляет 9%; ЗАЗ территории предприятия 1%.

$$\begin{aligned} \text{Тогда} \quad \sigma_1 &= 19.9 \text{ га/чел}; \quad \sigma_2 = 4.0, \text{ га/чел}; \\ \sigma &= 19.9 \cdot 0.99 + 0.1 \cdot 4 = 20,1 \text{ га/чел.} \end{aligned}$$

Характер рассеивания цементной пыли до модернизации определяется как  $f = f_2$ , так как эффективность составляет меньше 85% при  $85 \geq \eta < 90\%$ .

$$f = f_2 = \left( \frac{1000(i)}{60(i) + \varphi h} \right)^{1/2} \cdot \frac{4(m/c)}{1(m/c) + u}. \quad (5)$$

Приведенная масса годового выброса цементной пыли определяется по формуле:

$$M_i = \sum_{i=1}^n A m_i, \quad (6)$$

где  $M_i$  – приведенная масса годового выброса, усл.т/год;  
 $A$  – показатель относительной опасности примеси, равный 45;  
 $m$  – масса выброса  $i$ -то загрязняющего вещества, т/год.

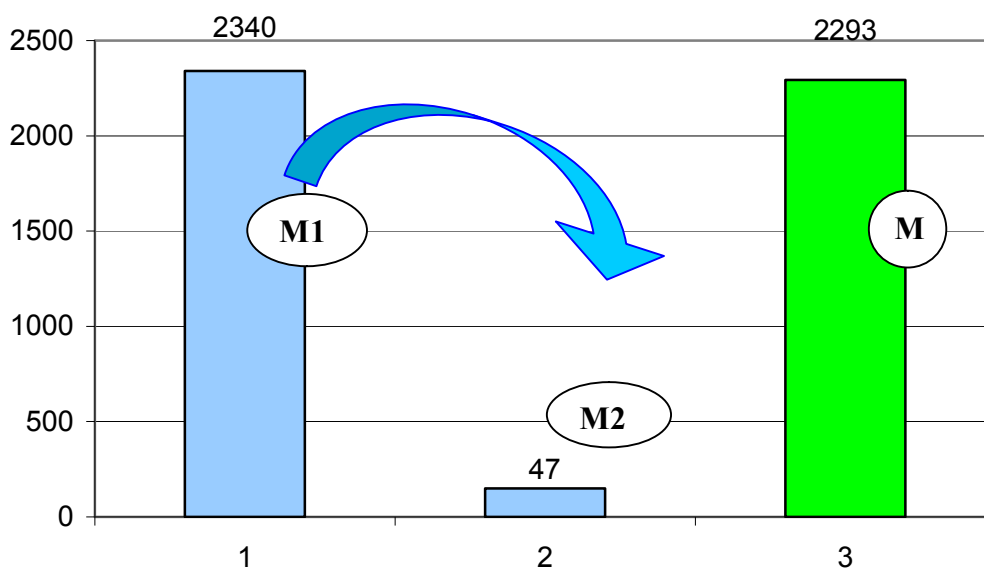
Снижение выброса загрязняющего вещества приведено в табл.1 и на рис.1:

$$M = M_1 - M_2.$$

Таблица 1 – Показатели снижения выброса цементной пыли

Объект	Приведенная масса выброса, $M_i$ , усл.т/год		Снижение выбросов, $M$ , усл.т/год
	до реконструкции, $M_1$	после реконструкции, $M_2$	
ПУУ цементных мельниц	2340	47	2293





1, 2 – выброс до и после реконструкции; 3 – снижение выброса

Рисунок 1 – Снижение выброса загрязняющего вещества, усл.т/год

Ущерб, наносимый окружающей среде до реконструкции ПУУ мельниц

$$Y_1 = \gamma \cdot \sigma \cdot f \cdot M_1, \text{ грн.}$$

Характер рассеивания цементной пыли в атмосфере после реконструкции определяется как  $f = f_1$ , так как эффективность установки 98 % и  $\eta > 90\%$ .

$$f = f_1 = \frac{100(m)}{100(m) + \varphi h} \times \frac{4 \text{ (м/с)}}{1 \text{ (м/с)} + u} \quad (7)$$

Ущерб, наносимый окружающей среде после реконструкции ПУУ мельниц:

$$Y_2 = \gamma \cdot \sigma \cdot f \cdot M_2, \text{ грн.}$$

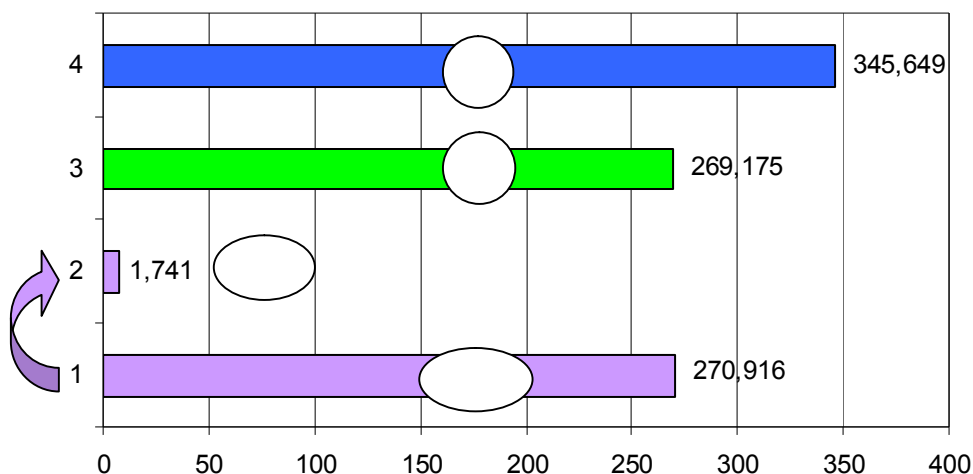
Снижение экономического ущерба показано в табл.2 и на рис.2:

$$Y = Y_1 - Y_2, \text{ грн.}$$

Таблица 2 – Снижение экономического ущерба

Характер рассеивания пыли, f		Ущерб, наносимый окружающей среде, грн.		Снижение экономического ущерба, Y, грн.
до РК, f <sub>2</sub>	после РК, f <sub>1</sub>	до РК, Y <sub>1</sub>	после РК, Y <sub>2</sub>	
2.0	0.64	270916	1741	269175

Примечание: РК – реконструкция



1, 2 – ущерб до и после реконструкции; 3 – снижение ущерба; 4 – экономия затрат

Рисунок 2 – Предотвращенный экономический ущерб, тыс.грн./год

Сбор за загрязнение окружающей среды согласно методике [2] составляет:

$$P_{ат} = \sum (N_{iф} \cdot M_{iф} \cdot K_{ип}) \cdot K_{т}, \quad (8)$$

где  $P_{ат}$  – сбор за выбросы загрязняющих веществ, грн;

$N_{iф}$  – нормативы платы за фактические выбросы в атмосферу 1 тонны  $i$ -го загрязняющего вещества, грн./т;

$M_{iф}$  – масса выброса в атмосферу  $i$ -го загрязняющего вещества, т/год;

$K_{ип}$  – коэффициент кратности платы за превышение выброса в атмосферу загрязняющего вещества, который для города составляет 5;

$K_{т}$  – коэффициент, учитывающий территориальные, экологические и социально-экономические особенности города

$$K_{т} = K_{нас} K_{ф},$$

где  $K_{нас}$  – коэффициент, зависящий от численности населения города, равный 1.35;

$K_{ф}$  – коэффициент, учитывающий значение города, равный 1.25.

$$K_{т} = 1.35 \cdot 1.25 = 1.69.$$

При определении сбора за загрязнение окружающей среды в формуле (8) не учитываются ожидаемые неблагоприятные метеорологические условия (НМУ), предусматривающие 3 степени предупреждений превышения уровней концентраций загрязняющих веществ по отношению к ПДК. Учитывая рельеф города, расположение предприятий в жилой зоне и наличие „смога”, целесообразно в зависимости от степени предупреждения введение коэффициента  $K_{нму}$ , учитывающего неблагоприятные метеорологические условия и равного 2-5.

Тогда сбор за выбросы загрязняющего вещества предприятием до реконструкции ПУУ мельниц с учетом  $K_{нму}$ :

$$P_1 = (N_{iф} \cdot M_1) \cdot K_{ф} \cdot K_{нму}, \text{ грн.}$$

Сбор за выбросы загрязняющего вещества предприятием после реконструкции ПУУ мельниц

$$P_2 = (N_{сф} \cdot M_2) \cdot K_{ф} \cdot K_{нму}, \text{ грн.} \quad (9)$$

Снижение сбора за загрязнение окружающей среды

$$\Pi = \Pi_1 - \Pi_2, \text{ грн.} \quad (10)$$

Дополнительный доход от реализации и использования уловленной цементной пыли:

$$Д = (M/A) \cdot C_T, \text{ грн.}, \quad (11)$$

где  $C_T$  – стоимость 1 т уловленной цементной пыли;  
 $A$  – показатель относительной опасности примеси.

Экономия от предотвращенного экономико-экологического ущерба (ЭЭУ):

$$\mathcal{E} = Y + \Pi_{ат} + Д, \text{ грн.} \quad (12)$$

Результаты предотвращенного экономико-экологического ущерба после реконструкции ПУУ аспирации воздуха цементных мельниц приведены в табл.3 и на рис.3.

Таблица 3 – Экономия от предотвращенного экономико-экологического ущерба

Сбор за загрязнение окружающей среды, $\Pi$ , грн.		Снижение сбора за загрязнение окружающей среды, $\Pi$ , грн.	Дополнительный чистый доход от утилизации пыли, $Д$ , грн	Экономия от предотвращенного ЭЭУ, $\mathcal{E}$ , грн.
до РК, $\Pi_1$ , грн.	после РК, $\Pi_2$ , грн.			
59320	1190	58130	18344	345649

Примечание: РК – реконструкция

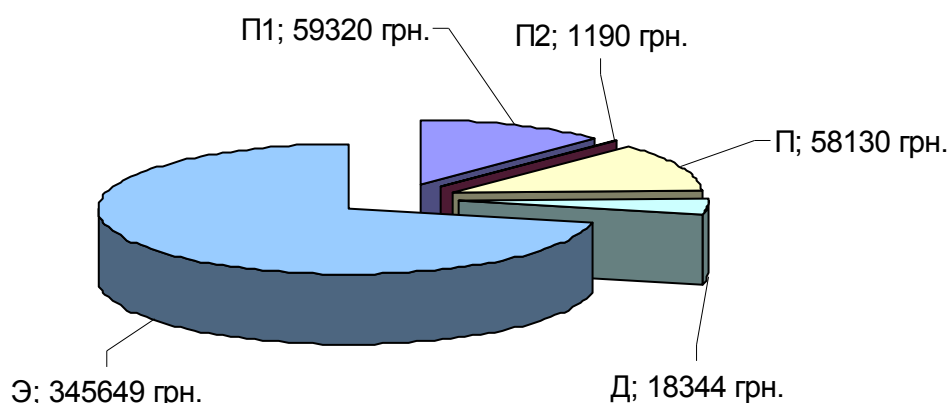


Рисунок 3 – Результаты реконструкции ПУУ системы аспирации воздуха

В современных условиях инвестиционная деятельность является одной из важнейших составляющих процесса обеспечения успешного функционирования предприятия с учетом соблюдения природоохранных мероприятий.

Для осуществления проектных решений, проведения исследований и строительно-монтажных работ по реконструкции ПУУ системы аспирации воздуха цементных мельниц необходим срок выполнения 2 года. Результаты, которые были достигнуты на  $t$ -ом шаге расчета, составляют 1.65 млн.грн., а сумма капитальных вложений – 3.0 млн.грн.

Анализ инвестиционного проекта позволяет установить характер и размеры потенциального вреда окружающей среде от внедрения проекта, а также определить мероприятия, необходимые для предотвращения загрязнения, с минимальными природоохранными затратами.

Полученные результаты расчетов эффективности проектных решений по их выполнению приведены в табл.4 и отвечают нормативному уровню [3].

Таблица 4 – Эффективность проектных решений

Объект	„Дисконтная прибыль”, NPV, при ставке 5 и 10%		Коэффициент прибыли - затраты, $D_n / V_i$ , грн./грн.	Внутренняя норма рента- бельности, IRR, %	Срок окупае- мости проектных решений, T, лет
	NPV <sub>1</sub>	NPV <sub>2</sub>			
ПУУ цементных мельниц	0,064349	- 0.136363	1.02	6.65	1.82 < 2.0

**Выводы.** В результате реконструкции ПУУ системы аспирации воздуха цементных мельниц снижение предотвращенного экономического ущерба составило 269175 грн., а снижение сбора за загрязнение окружающей среды – 58130 грн. Суммарная экономия от снижения предотвращенного экономического ущерба – 345649 грн. Показатели инвестиционного проекта и срок окупаемости проектных решений показывают его экономико-экологическую целесообразность.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Временная типовая методика определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды. – М. – 1986.
2. Методика визначення нормативів плати і стягнення платежів за забруднення навколишнього середовища України. – К. – 1996.
3. Тянь Р.Б., Холод Б.І., Ткаченко В.А. Управління проектами: Навч. посіб. – Дніпропетровськ: ДАУБП. – 2000. – 224с.