

УДК 504.055 : 656.13

# ОЦІНКА АКУСТИЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ПРИДОРОЖНЬОЇ ТЕРИТОРІЇ АВТОМОБІЛЬНОЇ ДОРОГИ

Н. В. Внукова

Кандидат географічних наук, доцент,  
заступник завідуючого кафедри

Кафедра екології

Харківський національний

автомобільно-дорожній університет

вул. Петровського, 25, м. Харків, Україна, 61002

Контактний тел.: (057) 707-37-41

E-mail: ecologyknady@mail.ru

*Проведено аналіз стану шумового забруднення навколишнього середовища, експериментального дослідження шумового навантаження від потоків автотранспорту та практичне застосування результатів дослідження шумового забруднення навколишнього середовища.*

*Ключові слова: шум, шумове забруднення, транспортні засоби.*

*Проведен анализ состояния шумового загрязнения окружающей среды, экспериментального исследования шумового загрязнения от автотранспортных потоков и практическое применение результатов исследования шумового загрязнения окружающей среды.*

*Ключевые слова: шум, шумовое загрязнение, транспортные средства.*

*The analytical results of the state of noise pollution of the environmental, of experimental investigation of the traffic load and the practical application of research of results of the noise pollution are presented.*

*Keywords: noise, noise pollution, vehicles.*

## 1. Вступ

Розвиток науково-технічного прогресу неможливий без безпосереднього впливу на оточуюче навколишнє середовище та без використання природних ресурсів. Захист навколишнього середовища — одна з найважливіших загальнолюдських проблем сучасності, а необхідність врахування фактору навколишнього середовища у всіх галузях діяльності людства є безперечною.

На протязі останніх десятиріч, від дії автотранспорту, поряд з забрудненням шкідливими токсичними речовинами оточуючого навколишнього середовища, стрімко зростає рівень акустичного забруднення. Це пояснюється постійним зростанням інтенсивності руху автомобільного транспорту, загальним збільшенням потужності двигунів автомобілів та збільшенням швидкості руху.

Шум є однією з форм фізичного забруднення навколишнього природного середовища, а транспортний шум — це перевищення природного рівня шуму, спричиненого роботою двигунів, колесами, гальмами і аеродинамічними властивостями транспортного засобу [1].

В країнах Європи шумове забруднення вважається однією з найбільш серйозних екологічних проблем, а однією з головних проблем негативного антропогенного впливу на людину вважається транспортний шум.

## 2. Постановка проблеми

Задачі зниження шумового пливу від дії автомобільного транспорту на оточуюче природне середовище

повинні обов'язково розглядатися в проектах по будівництву або реконструкції автомобільних доріг. В населених пунктах, проектуватися заходи щодо додаткового шумозахисту, а саме додаткове озеленення, шумозахисні екрани тощо.

На дорозі, шум від руху автотранспортних засобів має декілька причин виникнення: шум вихлопних газів, шин які взаємодіють з дорожнім покриттям та двигунів, і є джерелом рухомих віброуючих звукових хвиль — коливань атмосферного тиску. Оскільки проблема шумового забруднення є досить відокремленою та специфічною в загальній проблемі охорони навколишнього середовища, то й її вирішення є актуальним і має практичне значення.

## 3. Аналіз останніх досліджень

У наш час проблемі шуму приділяється велика увага, як зі сторони вчених екологів, так і зі сторони представників дорожньої галузі. Питаннями шумоутворення та вимірювання рівнів шуму займалися відомі вчені, якими було запропоновано різні математичні моделі визначення шуму. А саме, в роботі [2] пропонується визначати еквівалентний рівень шуму від руху транспортних потоків без перетинань за емпіричною залежністю, в методиках які пропонують автори Луканін В. М. та Покидько В. М. також використовуються емпіричні залежності. Укравтодором розроблена методика [3] з розрахунку шумового забруднення, вимоги якої є обов'язковими для підприємств і організацій Державної служби автомобільних доріг України.

**4. Формування цілей та викладення основного матеріалу**

Метою статті є дослідження шумового забруднення придорожного простору при експлуатації комплексу «автомобіль – дорога – середовище» на прикладі ділянки автомобільної дороги М-03 Київ – Харків – Довжанський Харківської області протяжністю 844,2 км.

Вимірювання звукового тиску на ділянці дослідження проводилось шумоміром-аналізатором спектру, віброметром портативним Октава 110 А, призначеним для вимірювання середньоквадратичних, еквівалентних та пікових рівнів звуку, коректованих рівнів віброприскорення, а також октавних та третьоктавних рівнів звукового тиску та віброприскорення.

Клас точності прибору – 1 за технічними вимогами. Похибка замірів шумоміру у нормальних умовах використання для плоскої хвилі частотою 1000 Гц та рівнем 94 дБА, що поширюється в опорному напрямі в умовах вільного акустичного поля, характеристика S не перевищує ±0,7 дБА [4].

Годинна інтенсивність руху за типами транспортних засобів на ділянці дороги біля с. Травневе, що заміряна у осінньо-зимовий період, наведена у табл. 1.

Визначення добової інтенсивності руху проводилось за наступною формулою:

$$N_{\text{доб}} = \sum_{i=1}^n N_{\text{годин}} \times K_3, \tag{1}$$

де  $N_{\text{доб}}$  – добова інтенсивність руху в транспортних одиницях, авт./добу;  $K_3$  – коефіцієнт зведення годинної інтенсивності до добової визначають з табл. 2, яка складена за результатами польових досліджень.

Заміри інтенсивності руху в осінньо-зимовий період проводились з 10 до 11 години ранку, тому згідно з табл. 2 коефіцієнт  $K_3 = 12,0$ . В числовому вигляді формула 1 буде мати наступний вигляд:

$$N_{\text{доб}} = 522 \times 12,0 = 6264 \text{ (авт./добу)}. \tag{2}$$

Годинна інтенсивність руху за типами транспортних засобів на ділянці дороги біля с. Травневе у весняно-літній період наведена в табл. 3. Заміри інтенсивності руху у весняно-літній період проводились з 11 до 12 години

ранку, тому згідно з табл. 2 коефіцієнт  $K_3 = 12,2$ . В числовому вигляді формула 1 для весняно-літнього періоду буде мати наступний вигляд:

$$N_{\text{доб}} = 780 \times 12,2 = 9516 \text{ (авт./добу)}. \tag{3}$$

Визначення еквівалентного рівня шуму, як у осінньо-зимовий так і у весняно-літній період проводилось у вихідні дні при наявності найбільшої інтенсивності руху у 5 точках (табл. 4):

Шумомір-аналізатор спектру, вібромір портативний ОКТАВА-110А дозволяє обробити, розпізнати та згрупувати результати вимірювань за такими варіантами:

- 1) «РЗТ в октавах» – наведені рівні звукового тиску в октавах 31,5 Гц – 16 кГц для усіх часових характеристик, які використовуються у режимі «ЗВУК»;
- 2) «РЗТ в 1/3 октавах» – представлені значення 1/3-октавних рівнів звуку;
- 3) «Кор. рівні» – кориговані рівні з корекціями А, С та Z (рис. А.4 – А.9);
- 4) «СПЕКТР» – приведені графічне уявлення 1/1 та 1/3-октавних спектрів звукового тиску.

Визначення рівнів акустичного забруднення проводилося за методикою [3]. Дана методика встановлює порядок виявлення, оцінки та ранжування потенційних екологічно небезпечних місць автомобільної дороги України загального користування.

Основою для визначення рівня звуку транспортного потоку в придорожній смузі є розрахунковий рівень звуку на відстані 7,5 м від осі найближчої смуги на висоті 1,2 м від рівня проїзної частини прямолінійної горизонтальної ділянки дороги з асфальтобетонним покриттям, при відсутності в радіусі 50 м забудов та інших перешкод, які відбивають звук, а також пересічень доріг при розповсюдженні над землею.

Розрахунковий рівень еквівалентного звуку на автомобільній дорозі загального користування визначається в дБА за формулою 4:

$$L_p = L_{\text{ТП}} + \Delta L_T + \Delta L_q + \Delta L_c + \Delta L_y + \Delta L_{\text{П}} + \Delta L_p + \Delta L_k + \Delta L_z + \Delta L_{\text{пер}}, \tag{4}$$

де  $L_{\text{ТП}}$  – розрахунковий рівень звуку від транспортного потоку, дБА (табл. 5);  $\Delta L_T$  – поправка, що вра

**Таблиця 1**

Годинна інтенсивність руху на досліджуваній ділянці дороги М-03 (осінньо-зимовий період)

Легкові	Вантажні легкі	Вантажні середні	Вантажні важкі	Автобуси середні	Автобуси важкі	Тягачі	Автопоїзди	Мотоцикли та ін. ТЗ
346	88	28	30	20	8	1	1	–

**Таблиця 2**

Значення коефіцієнту зведення годинної інтенсивності руху до добової

Година обліку	9–10	10–11	11–12	12–13	13–14	14–15	15–16	16–17
$K_3$	14,2	12,0	12,2	11,1	13,7	15,4	14,2	11,7

**Таблиця 3**

Годинна інтенсивність руху на досліджуваній ділянці дороги М-03 (весняно-літній період)

Легкові	Вантажні легкі	Вантажні середні	Вантажні важкі	Автобуси середні	Автобуси важкі	Тягачі	Автопоїзди	Мотоцикли та ін. ТЗ
576	104	24	48	16	6	–	–	6

**Таблиця 4**

Результати вимірювання еквівалентного рівня шуму у різні періоди року

Точки вимірювання рівня шуму	Рівень шуму у осінньо-зимовий період, дБА	Максимальний рівень шуму у осінньо-зимовий період, дБА	Рівень шуму у весняно-літній період, дБА	Максимальний рівень шуму у весняно-літній період, дБА
7,5 м від осі крайньої смуги руху (нормативна відстань вимірювання шуму згідно ГОСТ 20444-85)	80,1	86,2	86,4	89,6
30 м від осі крайньої смуги руху (відстань до першого ешелону забудови)	71,5	78,7	76,7	80,7
100 м (за першим ешелонем забудови)	54,7	57,5	58,7	61,8
15 м (перед лісосмугою)	78,0	81,0	81,7	87,0
25 м (за лісосмугою)	70,3	72,9	72,5	73,4

**Таблиця 6**

Поправка транспортного шуму

Характеристики транспортного потоку	Параметр	Поправка, дБА
Кількість вантажних автомобілів і автобусів в потоці з карбюраторними двигунами, $\Delta L_T$ , %	< 5	-3,0
	5-20	-2,0
	20-35	-1,0
	35-50	0,0
	50-65	+1,0
	65-85	+2,0
85-100	+3,0	
Кількість вантажних автомобілів і автобусів в потоці з дизельними двигунами, $\Delta L_q$ , %	< 5	0,0
	5-10	1,0
	10-20	2,0
	20-35	3,0
Співвідношення між розрахунковою швидкістю руху на горизонтальній ділянці та на конкретному елементі дороги $\Delta V = V_i^{\Phi} - V_0^{ст}$ , $\Delta L_C$	0	0
	+7	+1,0
	+15	+2,0
	+20	+2,5
Подовжній ухил, $\Delta L_y$ , %	0	0
	20	+1,5
	40	+2,0
	60	+2,5

**Таблиця 7**

Поправка транспортного шуму, яка враховує тип покриття проїзної частини,  $\Delta L_{\Pi}$

Тип покриття проїзної частини	Склад Л. А., %	Поправка, дБА
Щебінь, гравій, бруківка	до 10	0
	10-30	+0,5
	30-55	+1,0
	55-75	+2,0
	75-90	+3,0
	90-100	+4,0
Цементобетон, асфальтобетон	до 15	0
	15-45	+0,5
	45-65	+1,0
	65-90	+1,5
	90-100	+2,0

**Таблиця 8**

Поправка, яка враховує тип забудови в районі дороги,  $\Delta L_3$

Тип придорожньої забудови	Поправка (дБА) при середніх розривах між будинками на лінії забудови, м			
	понад 30	30-20	20-10	до 10
Двостороння, при ширині вулиці в «червоних» лініях, м:	понад 50	0	0	0
	50-40	+1,0	+1,0	+2,0
	40-30	+2,0	+2,0	+3,0
	30-20	+3,0	+3,0	+4,0
	до 20	+4,0	+5,0	+5,0
Одностороння, при відстані від краю проїзної частини до лінії забудови, м:	понад 40	0	0	0
	40-25	0	0	+1,0
	25-12	+1,0	+1,0	+2,0
	до 12	+1,0	+2,0	+3,0

**Таблиця 5**

Розрахунковий рівень звуку

Інтенсивність руху, авт./год.	Розрахунковий рівень звуку, дБА
1	2
100	68
140	69
170	70
1	2
230	71
300	72
400	73
500	74
660	75
880	76
1150	77
1650	78

Градації показника екологічної безпеки ділянки автомобільної дороги за акустичним забрудненням (табл. 9) визначається як відношення фактичного рівня еквівалентного звуку до:

- нормального рівня акустичного забруднення (НР = 40 дБА);
- граничного рівня (ГР = 85 дБА);
- допустимого рівня (ДР = 110 дБА).

**Таблиця 9**

Градація показника екологічної безпеки ділянки автомобільної дороги за акустичним забрудненням

Модальна оцінка екологічної безпеки дороги	Якісна оцінка стану навколишнього середовища, бали	Рівень	Показник екологічної безпеки (градація)
Екологічно безпечна	Відмінний	До 40 дБА	До 1,0
Екологічно слабо безпечна	Добрий	40–85 дБА	1,0–2,12
Екологічно умовно безпечна	Задовільний	85–110 дБА	2,12–2,75
Екологічно небезпечна	Незадовільний	Понад 110 дБА	Понад 2,75

Рівень шумового забруднення для зимового періоду:

$$L_p = 72,0 + 2,0 + 3,0 + 1,0 + 0,0 + 0,5 + 0,0 + 4 + 0,0 = 83 \text{ (дБА)}. \quad (5)$$

Отриманий результат 83 дБА відповідає якісній оцінці стану навколишнього середовища – «добрий», тому модальна оцінка екологічної безпеки дороги у осінньо-зимовий період – «екологічно слабо безпечна».

Рівень шумового забруднення у весняний період:

$$L_p = 75,5 + 3,0 + 3,0 + 1,0 + 0,0 + 0,5 + 0,5 + 0,0 + 4,0 + 0,0 = 87,5 \text{ дБА}. \quad (6)$$

Отриманий результат 87,5 дБА відповідає якісній оцінці стану навколишнього середовища – «задовільний», тому модальна оцінка екологічної безпеки дороги у весняний період – «екологічно умовно безпечна».

Визначення еквівалентного рівня шуму, як у зимовий так і у весняний період, проводилось у вихідні дні при найбільшій інтенсивності руху у 5 визначених точках.

Перевищення результатів вимірювання нормативних значень шуму у осінньо-зимовий період наведені в табл. 10.

Таким чином, у осінньо-зимовий період перевищення нормативного значення спостерігається у чотирьох з п'яти точок. Найбільше перевищення складає 25,1 дБА на відстані 7,5 м від осі крайньої смуги руху. Однорядна лісосмуга з деревних порід, висаджена у шаховому порядку на ділянці дослідження, у зимовий період зменшує рівень шуму до 8 дБА, а забудова зменшує до 16,8 дБА.

Перевищення результатів вимірювань максимального рівня шуму у осінньо-зимовий період нормативних значень наведено в табл. 11.

Перевищення значень вимірювань максимальних рівнів шуму над нормативним в осінньо-зимовий період спостерігається у трьох з п'яти точок. Найбільше перевищен-

ня складає 12,6 дБА – на відстані 7,5 м від осі крайньої смуги руху. На відстані до першого ешелону забудови та за ним заміряний максимальний рівень звуку не перевищує нормативне значення.

**Таблиця 10**

Порівняння заміряного еквівалентного рівня шуму у осінньо-зимовий період з нормативним значенням

Точки вимірювань акустичного тиску	Результати вимірювань еквівалентного рівня шуму, дБА	Нормативний рівень звуку житлової та громадської забудови (1 ешелону забудови в зоні впливу транспортних засобів (+10 дБА)), день	Перевищення нормативних значень, рази
1) 7,5 м від осі крайньої смуги руху	80,1	55,0	у 1,5
2) на відстані до першого ешелону забудови	71,5	65,0 (+10 дБА)	у 1,1
3) за першим ешелonom забудови	54,7	55,0	норма
4) перед лісосмугою	78,0	55,0	у 1,4
5) за лісосмугою	70,3	55,0	у 1,3

**Таблиця 11**

Порівняння результатів вимірювань максимального рівня звуку у осінньо-зимовий період з нормативним значенням

Точки вимірювань акустичного тиску	Результати вимірювань максимального рівня шуму, дБА	Нормативний рівень звуку житлової та громадської забудови (1 ешелону забудови в зоні впливу транспортних засобів (+10 дБА)), день	Перевищення нормативних значень, рази
1) 7,5 м від осі крайньої смуги руху	86,2	70,0	у 1,2
2) на відстані до першого ешелону забудови	78,7	80,0 (+10 дБА)	норма
3) за першим ешелonom забудови	57,5	70,0	норма
4) перед лісосмугою	81,0	70,0	у 1,2
5) за лісосмугою	72,9	70,0	у 1,1

Порівняння результатів вимірювань еквівалентного рівня шуму у весняно-літній період з нормативними значеннями наведені в табл. 12.

Таким чином, перевищення нормативного еквівалентного значення у весняно-літній період спостерігається в усіх п'яти точках. Найбільше перевищення складає 31,4 дБА – на відстані 7,5 м від осі крайньої смуги руху. Однорядна лісосмуга з деревних порід, висаджена на ділянці дослідження у шаховому порядку, у весняно-літній період зменшують рівень шуму на 9 дБА, а забудова – на 18 дБА.

Порівняння заміряного максимального рівня шуму з нормативними значеннями у весняно-літній період наведено в табл. 13.

**Таблиця 12**

Порівняння результатів вимірювань еквівалентного рівня шуму у весняно-літній період з нормативним значенням

Точки вимірювань акустичного тиску	Результати вимірювань еквівалентного рівня шуму, дБА	Нормативний рівень звуку житлової та громадської забудови (1 ешелону забудови в зоні впливу транспортних засобів (+10 дБА)), день	Перевищення нормативних значень, рази
1) 7,5 м від осі крайньої смуги руху	86,4	55,0	у 1,6
2) на відстані до першого ешелону забудови	76,7	65,0 (+10 дБА)	у 1,2
3) за першим ешеленом забудови	58,7	55,0	у 1,1
4) перед лісосмугою	81,7	55,0	у 1,5
5) за лісосмугою	72,5	55,0	у 1,3

**Таблиця 13**

Порівняння результатів вимірювань максимального рівня шуму у весняно-літній період з нормативним значенням

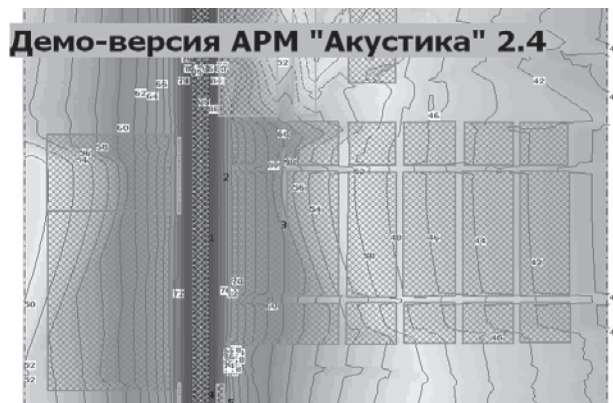
Точки вимірювань акустичного тиску	Результати вимірювань еквівалентного рівня шуму, дБА	Нормативний рівень звуку житлової та громадської забудови (1 ешелону забудови в зоні впливу транспортних засобів (+10 дБА)), день	Перевищення нормативних значень, рази
1) 7,5 м від осі крайньої смуги руху	89,6	70,0	у 1,3
2) на відстані до першого ешелону забудови	80,7	80,0 (+10 дБА)	норма
3) за першим ешеленом забудови	61,8	70,0	норма
4) перед лісосмугою	87,0	70,0	у 1,2
5) за лісосмугою	73,4	70,0	у 1,2

Перевищення максимальних рівнів шуму, заміряних в весняно-літній період, над нормативним значенням спостерігається у трьох з п'яти точок. Найбільше перевищення складає 19,6 дБА – на відстані 7,5 м від осі крайньої смуги руху.

**5. Висновки**

Для надання детальної характеристики шумового стану придорожного простору та усього селища в цілому розроблена шумова карта.

Розробка та побудова шумової карти-схеми ділянки автомобільної дороги Київ – Харків – Довжанський біля с. Травневе на 446 + 555 – 459 + 630 км проводилась за програмою «Акустика» 2.4. Шумова карта-схема представлена на рис. 1.



**Рис. 1.** Шумова карта ділянки дослідження

Розрахункові точки: 1 – 7,5 м від осі крайньої смуги руху; 2 – перед першим ешеленом забудови; 3 – за першим ешеленом забудови; 4 – перед лісосмугою; 5 – за лісосмугою; 86 – еквівалентний рівень звуку відповідної ізоляції.

Згідно з картою достатньо високий рівень шумового забруднення поширюється до першого ешелону забудови. Рівень шуму сягає нормативних значень на відстані 110 м від автомобільної дороги (за першим ешеленом забудови), що потребує застосування шумозахисних заходів для захисту населення.

Для побудови шумової карти були використані значення параметрів автомобільної дороги на ділянці дослідження та значення заміряного еквівалентного і максимального рівнів шуму на відстані 7,5 м від осі крайньої смуги руху, що наведені у табл. 14.

**Таблиця 14**

Значення відповідних характеристик, які використовувались для побудови шумової карти

Характеристика	Числове значення
Ширина дороги	21 м (4 * 3,75 + 6)
Ширина розділової смуги	6 м
Інтенсивність руху (весняно-літня)	951 авт./добу
Відсоток вантажних автомобілів у потоці	22,6 %
Відсоток дизельних автомобілів у потоці	45 %
Еквівалентний рівень шуму на відстані 7,5 м від осі крайньої смуги руху	86,4 дБА
Максимальний рівень шуму на відстані 7,5 м від осі крайньої смуги руху	89,6 дБА
Площа ділянки дослідження	1,37831 км <sup>2</sup>

Розробка та побудова шумової карти-схеми автомобільної дороги дозволяє раціонально застосувати шумозахисні заходи, прийняти відповідні адміністративно-організаційні заходи тощо.

Література

1. Екологія та автомобільний транспорт [Текст]: навч. посіб. / Ю. Ф. Гунтаревич, Д. В. Зеркалов, А. Г. Говорун та ін. — К.: Арістей, 2006. — 292 с.
2. Хомяк Я. В. Автомобильные дороги и окружающая среда. [Текст] / Я. В. Хомяк, В. Ф. Скорченко. — К.: Вища школа, 1983. — 198 с.
3. Методика виявлення, оцінки та ранжування потенційних екологічно небезпечних місць автомобільної дороги [Текст]: М 218-02071168-416-2005. — К.: Укравтодор, 2005. — 35 с.
4. РЭ 4381-003-76596538-06. Шумомер-анализатор спектра портативный ОКТАВА-110А. Руководство по эксплуатации [Текст]. — М.: ПКВ Цифровые приборы. — 10 с.

УДК 628.34

## НОВА ТЕХНОЛОГІЯ ЛОКАЛЬНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ГАЛЬВАНОВИРОБНИЦТВ

**С. Ю. Андреев**

Доктор технических наук, профессор  
Кафедра водоснабжения и водоотведения\*  
**Контактный тел.:** (841) 2769177  
**E-mail:** andreev@pguas.ru

**В. Г. Камбург**

Доктор технических наук, профессор,  
заведующий кафедрой  
Кафедра прикладной математики и информатики\*  
**Контактный тел.:** (841) 2496152  
**E-mail:** kamburg@rambler.ru

**В. В. Демидочкин**

Кандидат технических наук, доцент  
Кафедра гидротехнического строительства\*  
**Контактный тел.:** (841) 2494953  
**E-mail:** demidochkin@gmail.ru

\*Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства  
ул. Г. Титова, 28, г. Пенза, 440028

*Описана теоретично та експериментально підтверджена нова технологія локальної очистки стічних вод гальвановиробництв від іонів важких металів на основі сульфідомістких реагентів-осаджувачів, працездатність та переваги якої перед існуючими технологіями показані на прикладі ЗАТ «Радіозавод» м. Пензи.*

*Ключові слова:* очистка від важких металів, осаджувач, локальні системи очистки.

*Описана теоретически и экспериментально подтверждена новая технология локальной очистки стоковых вод гальванопроизводства от ионов тяжелых металлов на основе сульфидосодержащих реагентов-осадителей, работоспособность и преимущества которой перед существующими технологиями показаны на примере ЗАО «Радиозавод» г. Пензы.*

*Ключевые слова:* очистка от тяжелых металлов, осадитель, локальные системы очистки.

*Described theoretically based and experimentally confirmed by the new technology of the local wastewater treatment in electroplating of heavy metal ions on the basis of sodium sulfide as a reagent-precipitant, efficiency and benefits of which over existing technologies are shown in the example of JSC «Radio Plant» Penza-city.*

*Keywords:* cleaning from heavy metals, reagent, local in-plant systems of cleaning.

### Актуальність

Серед промислових підприємств, стічні води яких негативно впливають на відкриті водойми, особливе місце займають машинобудівні заводи, що мають гальвановиробництва. Стічні води гальвановиробництва, що містять іони важких металів, повинні піддаватися в обов'язковому порядку глибокому очищенню. Висока токсичність і здатність до накопичення в живих організмах пояснює необхідність істотного зниження концентрацій іонів важких металів у стічних водах, що скидаються у водойми. Тому розробка більш ефективних способів і технологій стічних вод гальвановиробництв є актуальним завданням.

### Постановка завдання

Основним стандартним технологічним прийомом знешкодження стічних вод, що містять іони важких металів, протягом багатьох років є метод нейтралізації (хімічного осадження), що передбачає підвищення рівня рН стічних вод до 9–10. При наявності надлишку іонів  $\text{OH}^-$ , що виникає за рахунок підвищення величини рН, відбувається молярізація іонів важких металів і випадання їх в осад у вигляді гідроксидів [1–3]. Багаторічна практика експлуатації локальних очисних споруд гальванічних виробництв показала, що метод нейтралізації не дозволяє знизити концентрацію іонів важких металів в очищених стічних водах менш десятих часток міліграма на літр,