

## РОЗДІЛ «ХІМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ. БІОТЕХНОЛОГІЇ. ЕКОЛОГІЯ»

УДК 631.632

ЛАРИЧЕВА Л.П., к. т.н., доцент  
ВОЛОШИН М.Д., д.т.н, професор

Дніпродзержинський державний технічний університет

### ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПЕРЕРОБКИ НИЗЬКОЯКІСНИХ ФОСФОРИТІВ У ФОСФАТНУ КИСЛОТУ

**Вступ.** Дослідження кислотного розкладання низькоякісних фосфоритів, які мають значну кількість домішок [1], показали принципову можливість отримання екстракційної фосфатної кислоти з залізвмісних руд. В процесі кислотного розкладання фосфоритів, які містять полуторні оксиди заліза та алюмінію, сполуки останніх переходять в розчин, з якого поволі кристалізуються у вигляді середніх фосфатнокислих солей, що призводить до значного погіршення технологічних параметрів у виробництві добрив внаслідок втрат корисного компоненту ( $P_2O_5$ ) з фосфогіпсом і забивання фільтрів високодисперсними кристалами. Попередні дослідження показали, що для переробки бідних озалізненних фосфоритів необхідно підтримувати в процесі екстракції температуру не вище  $60^\circ C$  та надлишок сульфат-іонів. Вказані умови дозволяють підтримувати технологічні розчини у пересиченому стані без помітної кристалізації. Враховуючи сказане вище, представляло інтерес дослідити умови отримання екстракційної фосфатної кислоти (ЕФК) з бідних озалізненних фосфоритів без їх попереднього збагачення.

**Постановка задачі.** Метою експерименту є дослідження процесу кислотного розкладання низькоякісних фосфоритів з метою отримання ЕФК в дигідратному режимі.

**Результати роботи.** Дослідження проводилися на зразку фосфоритної руди, хімічний склад якого наведено у табл.1.

Таблиця 1 – Хімічний склад зразків фосфоритів

Компоненти	$P_2O_5$	$Fe_2O_3$	$Al_2O_3$	CaO	MgO	$CO_2$	$SiO_2$
Хімічний склад, % мас.	16,4	7,76	2,2	25,9	1,83	4,1	30,1

Кислотне розкладання фосфоритів проводили у термостатованій склянці, що з мішалкою. У склянку заливали розраховану кількість кислого розчину, ідентичного розчину розбавлення у виробництві ЕФК. По досягненні заданої температури дозували 100 г фосфориту та перемішували протягом 30 хвилин. Після цього обережно по краплях додавали 93%-ву сульфатну кислоту для підтримання заданого надлишку  $SO_3$  у рідкій фазі і продовжували перемішувати пульпу протягом 3-4 годин. Після закінчення розкладання пульпу фільтрували за допомогою вакуум-фільтра. Осад промивали водою (температура води  $40-50^\circ C$ ).

Дана установка з достатнім ступенем наближення моделювала безперервний процес отримання ЕФК, оскільки на розкладання подавався розчин розбавлення, який складався з частини продукційної фосфатної кислоти та першого промивного розчину, а тривалість екстракції дорівнювала тривалості перебування екстракційної пульпи в реакторах безперервної дії.

Отриману фосфатну кислоту та фосфогіпс аналізували на вміст  $P_2O_5$ ,  $Fe_2O_3$  і  $Al_2O_3$  [2]. Коефіцієнт вилучення ( $K_{вилуч}$ )  $P_2O_5$  розраховували за формулою:

$$K_{\text{вилуч}} = 100 - \frac{(P_2O_{5\text{заг}} - P_2O_{5\text{вод}}) \cdot \Gamma}{P_2O_{5\text{фосф}}} \cdot 100,$$

де  $P_2O_{5\text{заг}}$  – загальний вміст  $P_2O_5$  у фосфогіпсі, % (по масі);

$P_2O_{5\text{вод}}$  – вміст водорозчинного  $P_2O_5$  у фосфогіпсі, % (по масі);

$P_2O_{5\text{фосф}}$  – вміст  $P_2O_5$  в сухому фосфаті, % (по масі);

$\Gamma$  – гіпсове число, тобто вихід сухого фосфогіпсу на одиницю фосфату, частин (по масі).

Дослідним шляхом встановлено, що при безперервному процесі відбувалося накопичення домішок фосфатів заліза та алюмінію у розчині розбавлення. Однак, через 3-4 цикли кількість домішок у рідкій фазі стабілізувалася, і коефіцієнт вилучення залишався приблизно постійним.

Збільшенням вмісту  $SO_3$  у рідкій фазі пульпи з 1,5 до 4,0% (по масі) вдавалося збільшити  $K_{\text{вилуч}}$  з 50 до 90%. Це пов'язано з тим, що зі зростанням концентрації  $SO_3$  стабільність пересичених по фосфатах заліза і алюмінію фосфатнокислих розчинів зростала, а ступінь соосаджування іонів  $НРО_4^{2-}$  з дигідратом сульфату кальцію, що кристалізувався, зменшувався. Подальше підвищення концентрації  $SO_3$  не призводило до збільшення коефіцієнта вилучення  $P_2O_5$ .

Екстракція фосфатної кислоти з природних фосфатів та відділення її від сульфату кальцію – взаємопов'язані процеси. Порушення режиму одного з процесів призводить до погіршення показників іншого. Форма та розміри кристалів сульфату кальцію, що виділяються, залежать від структури останніх, розчинності, температури і концентрації кислоти, ступеня пересичення, умов зняття пересичення. Вказані параметри впливали також на інтенсивність процесів фільтрування фосфатної кислоти та промивки осаду сульфату кальцію, оскільки від них залежить в'язкість рідкої фази пульпи.

Дослідження впливу температури фільтрації та наявності затравочних кристалів на фільтрувальну здатність фосфогіпсу в умовах дигідратного режиму екстракції фосфатної кислоти проводили шляхом визначення часу проникання фільтрату через шар осаду на фільтрі Шота (пористість – 100) з площиною поверхні 8 см<sup>2</sup> при розрідженні 53,3 кПа. На основі отриманих даних розраховували умовну продуктивність першої зони наливних вакуум-фільтрів безперервної дії.

Встановлено, що з підвищенням температури процесу з 30 до 70°C відбувається цілком закономірне покращення технологічних показників фільтрації за рахунок покращення умов кристалізації дигідрату кальцію. При  $t > 70^\circ\text{C}$  процес кристалізації фосфатів заліза та алюмінію починав переважати над розчиненням. Внаслідок високої дисперсності фосфатів заліза та алюмінію відбувалося забивання пор фільтра, і продуктивність фільтрації падала з 0,57 до 0,50 т/м<sup>2</sup>·год.

З метою пошуку шляхів інтенсифікації процесу фільтрації фосфогіпсу була проведена серія дослідів з впливу затравки дрібних кристалів гіпсу на фільтрувальну здатність осаду. Встановлено, що введення затравочних кристалів у систему дозволяє поліпшити фільтруючі властивості фосфогіпсу. При кількості затравки приблизно 15 кг на 100 кг фосфориту продуктивність фільтрації зростала практично вдвічі у порівнянні з фільтрівністю без затравки, досягаючи величини 0,764 т/м<sup>2</sup>·год. Подальше збільшення кількості затравочних кристалів призводило до зниження продуктивності фільтрації, оскільки розміри кристалів гіпсу зменшувалися внаслідок росту їх кількості.

Таким чином, для забезпечення можливості переробки фосфатної сировини зі співвідношенням  $R_2O_3 : P_2O_5 \gg 0,08$  в ЕФК розкладання фосфоритів сульфатною кислотою вели при температурі 50-60°C з вмістом надлишкового  $SO_3$  у продукційній кис-

лоті 3-4% (по масі). При цьому зменшувався ступінь переходу полуторних оксидів в рідку фазу в порівнянні з більш високою температурою, створювалися умови для збереження системи в метастабільному стані протягом тривалішого часу і скорочувалися втрати  $P_2O_5$  з фосфогіпсом.

Це дозволило отримати без витрат на збагачення сировини фосфатну кислоту концентрацією 18-20% при ступені вилучення  $P_2O_5$  89-92% (табл.2). Отриману кислоту можна переробляти в добриво амонізацією.

Таблиця 2 – Показники отримання ЕФК з фосфоритів

Параметри процесу	Показники
Температура процесу, °С	50-60
Коефіцієнт, %	
вилучення	89-93
відмивки	98-99
виходу	87-92
Витратні коефіцієнти на 1т $P_2O_5$ ЕФК, т	
фосфориту ( $P_2O_5$ )	1,12
фосфориту у натурі	6,8
сульфатної кислоти (мнг)	3,2
Склад ЕФК, %	
$P_2O_5$	18-20
$SO_3$	3,5-4,5
$Fe_2O_3$	1,4-1,6
$Al_2O_3$	1,0-1,2
F	1,3-1,6

Матеріальний баланс отримання ЕФК з досліджуваного фосфориту представлено на рис.1.

Баланс по полуторних оксидах (табл.3) свідчить про те, що при проведенні процесу екстракції фосфатної кислоти з дослідженого фосфориту основна частина полуторних оксидів, які перейшли у розчин, залишається у рідкій фазі у вигляді пересичених розчинів, і лише незначна їх частина (2,5-3,0% від кількості, що перейшла у рідинну фазу) втрачається у вигляді  $RPO_4 \cdot 2H_2O$  ( $R = Fe, Al$ ).

Таблиця 3 – Баланс по полуторних оксидах у процесі отримання ЕФК

Введено $Fe_2O_3$ на 100 г фосфориту	Виводиться $Fe_2O_3$ , г			Розподілення $Fe_2O_3$ , %		
	з ЕФК	з фосфогіпсом		ЕФК	фосфогіпс	
		нерозчинені мінерали	у вигляді фосфатів		нерозчинені мінерали	у вигляді фосфатів
7,76	3,23	4,41	0,12	41,6	56,8	1,6

Основна частина полуторних оксидів у фосфогіпсі – це нерозкладені залізо- та алюмовмісні мінерали. Внаслідок меншої розчинності фосфатів заліза у порівнянні з фосфатами алюмінію останні практично не кристалізуються в умовах отримання ЕФК з бідних фосфоритів, і основні втрати  $P_2O_5$  виникають із-за полуторних оксидів заліза.

Отриману ЕФК досліджено на випаровування та перетворення в умовах зберігання. Для цього частина попередньо отриманої кислоти піддавалася упарюванню, інша – протягом місяця зберігалася у закритій ємності.

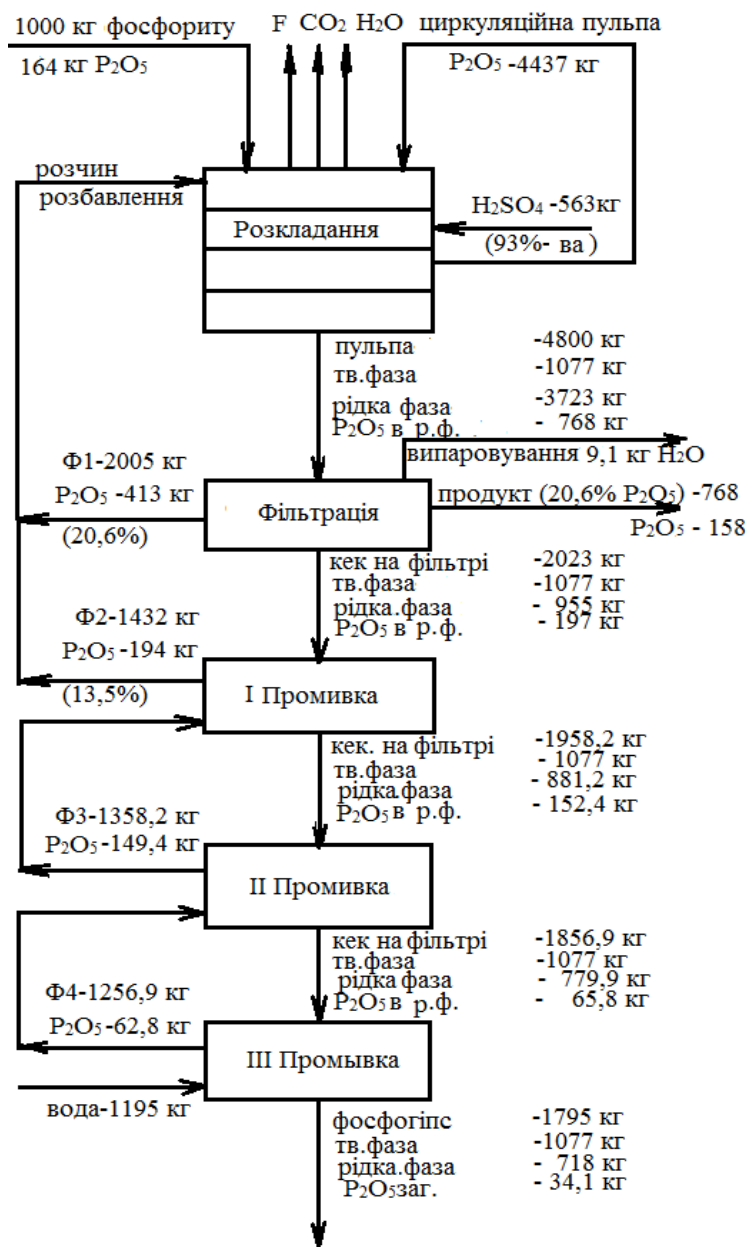


Рисунок 1 – Матеріальний баланс отримання ЕФК

При упарюванні екстракційної фосфатної кислоти кристалізація відбувалася відразу у процесі кипіння. Кількість осаду, склад якого наведено у табл.4, складала 1,6% від загальної маси упареної кислоти.

Таблиця 4 – Хімічний склад осаду, який виділився з упареної ЕФК

Кислота	Вміст в осаді, % (по масі)			
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO
Неупарена, після зберігання	11,3	5,48	1,16	24,5
Упарена (42,8% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	47,6	14,3	3,12	1,62

По мірі охолодження з кислоти виділявся білий кристалічний осад, який складався, головним чином, з суміші ізоморфних однозаміщених ортофосфатів заліза, алюмінію та кальцію, а також незначної кількості фосфатного ангідриду та напівгідрату. Піс-

ля відділення осаду кислота перетворювалася в дуже в'язку масу, втрачала текучість та ставала непридатною для подальшої переробки.

**Висновки.** Дослідження кислотного розкладання низькоякісних фосфоритів зі співвідношенням  $R_2O_3: P_2O_5 \gg 0,08$  в ЕФК проводили в умовах, наближених до умов безперервного процесу розкладання в промислових умовах.

Встановлено, що при безперервному процесі екстракції відбуваються накопичення домішок фосфатів заліза та алюмінію у розчині розбавлення і падіння коефіцієнта вилучення  $P_2O_5$  лише до 3-4 циклу, після чого концентрація фосфатів полуторних оксидів і коефіцієнт вилучення стабілізуються. Збільшенням вмісту  $SO_3$  у рідкій фазі пульпи з 1,5 до 4,0% (по масі) можливо збільшити  $K_{вилуч}$   $P_2O_5$  з 50 до 90%, що пов'язано з тим, що зі зростанням концентрації  $SO_3$  стабільність пересичених по фосфатах заліза і алюмінію фосфатнокислих розчинів зростає, а ступінь співосадування іонів  $НРО_4^{2-}$  з дигідратом сульфату кальцію, що кристалізується, зменшується.

Здійснення процесу екстракції при температурі 50-60°C з підтриманням надлишкового  $SO_3$  у продукційній кислоті 3-4% (по масі) дозволяє отримати фосфатну кислоту концентрацією 18-20% при ступені вилучення  $P_2O_5$  89-92%. Внесення затравочних кристалів в кількості 15:100 сприяє покращенню умов кристалізації та фільтрівності сульфату кальцію.

Отриману фосфатну кислоту слід переробляти у мінеральні добрива без попереднього упарювання та зберігання, оскільки перший процес веде до отримання дуже в'язкої маси, непридатної для подальшої переробки, другий – до значних втрат корисних речовин внаслідок випадіння значної кількості осаду, який складається, в основному, з суміші ізоморфних однозаміщених ортофосфатів заліза, алюмінію та кальцію.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Ларичева Л.П. Перспективні хімічні технології переробки природних фосфатів / Л.П.Ларичева, Л.В.Осіпова //Збірник наукових праць Дніпродзержинського державного технічного університету (технічні науки). – Дніпродзержинськ: ДДТУ. – 2011. – Вип. 1 (16). – С.168-173.
2. Кельман Ф.Н. Методы анализа при контроле производства серной кислоты и фосфорных удобрений / Кельман Ф.Н., Бруцкус Е.Б., Ошеревич Р.Х. – М.: Химия, 1965. – 392с.

*Надійшла до редколегії 18.03.2016.*

УДК 628.16

ІВАНЧЕНКО А.В., к.т.н., доцент  
СЛАТОНЦЕВ Д.О., аспірант

Дніпродзержинський державний технічний університет

### ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИЛУЧЕННЯ ЗВАЖЕНИХ РЕЧОВИН З МІСЬКИХ ТА ПРОМИСЛОВИХ СТИЧНИХ ВОД МЕТОДОМ КОАГУЛЯЦІЇ

**Вступ.** Зважені або завислі речовини (ЗР) є одними з найбільш розповсюджених забруднень як побутових, так і промислових стічних вод. У випадку міських стічних вод ЗР більшою частиною складаються з мінеральних домішок різноманітного походження дуже малого діаметра (близько 1-100 мкм). У промислових стоках (наприклад, фенольних) ЗР являють собою суміш мікроскопічних часточок коксу з мінеральними включеннями.

Дієвим методом доведення вмісту ЗР до чинних нормативів є використання неорганічних електролітів – коагулянтів [1-3].

Коагуляцію використовують для очищення природних та промислових стічних вод в основному від забруднюючих речовин, які знаходяться в колоїдному завислому стані [4]. Суть її полягає в тому, що у воду додають речовини – коагулянти. Найчастіше – це солі алюмінію й феруму та їх суміші. Оскільки коагулянти є солями сильних кислот та слабких лугів, вони гідролізуються з утворенням золів гідроксидів, які мають розвинену поверхню й добре сорбують різні домішки. При цьому частинки коагулюють разом з колоїдними та завислими речовинами [5].

Із сполук алюмінію, які використовують як коагулянти, можна виділити: сульфат алюмінію, хлорид алюмінію, гідроксохлориди алюмінію, алюмінат натрію. В Україні найчастіше використовують сульфат алюмінію. Даний реагент містить всього 15%  $Al_2O_3$ , тобто вміст активного компонента невисокий. Перевагою цього реагенту є доступність і невисока вартість. До недоліків відносять низьку ефективність, особливо при низьких температурах, можливість підкислення води із низькою лужністю внаслідок гідролізу коагулянту [6].

До другої групи алюмінійвмісних коагулянтів, які широко використовуються в світі, але не поширені в Україні, відносять гідроксохлориди алюмінію (ГОХА). Перевагами ГОХА є те, що вони легко гідролізуються у воді і містять основний компонент у високій концентрації. Це дозволяє досягти високої ефективності очищення при значно меншій концентрації коагулянту. Крім того, при застосуванні ГОХА рН знижується незначно навіть у воді з низькою лужністю.

Поряд із хлоридами і сульфатами алюмінію для очищення води використовується алюмінат натрію. Особливістю цього коагулянту є те, що при гідролізі у воді він утворює негативно заряджені золі і тому є ефективним для вилучення позитивно заряджених домішок, що обмежує його використання.

Із ферумвмісних коагулянтів найбільш широко застосовуються: хлорид феруму (III) –  $FeCl_3$ , сульфат феруму (III) –  $Fe_2(SO_4)_3$  та сульфат феруму (II) –  $FeSO_4$ .

Якщо солі феруму (III) при коагулюванні гідролізуються при  $pH = 4-6$ , то солі феруму (II) – при  $pH \approx 9$  [7].

Порівнюючи сульфат алюмінію й хлорид феруму, слід зазначити, що при низьких температурах перший практично не коагулює, тоді як здатність другого не залежить від температури води. Недоліком  $FeCl_3$  є здатність катіонів феруму утворювати кольорові комплекси з деякими органічними домішками, що містяться у воді [8]. При цьому кольоровість води значно збільшується.

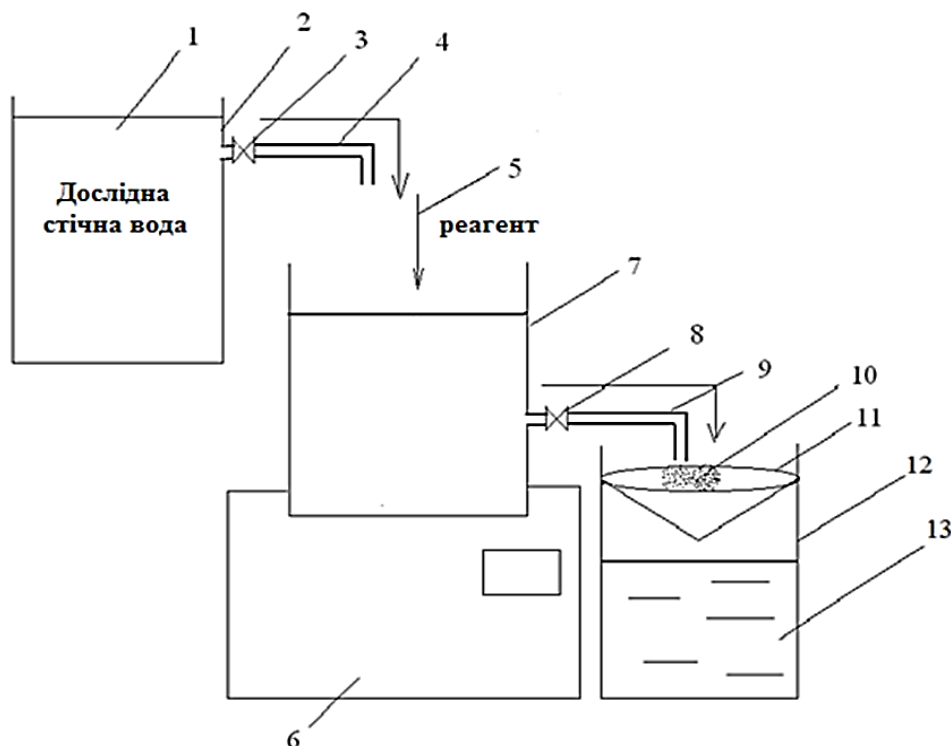
Актуальність проблеми очистки стічних вод від ЗР полягає у тому, що, незважаючи на низьку екологічну небезпечність, вони дуже важко піддаються вилученню через малу швидкість осадження, яка не дозволяє використовувати метод відстоювання. У той же час надмірна концентрація ЗР може призвести до порушення роботи очисних споруд і засмічування комунікацій та апаратури. Також недотримання вимог регламенту до вмісту ЗР, перед подачею на стадію біологічної очистки, згубно впливає на діяльність мікроорганізмів активного мулу. Нажаль, подібні перевищення постійно супроводжують роботу більшості очисних споруд України. Тому знаходження ефективних методів очищення стічних вод від ЗР є важливим науковим завданням.

**Постановка задачі.** Метою даної роботи є дослідження закономірностей впливу дози коагулянтів на процес вилучення ЗР зі стічних вод і експериментальне визначення найефективніших реагентів та їх оптимальних доз.

**Результати роботи.** Для проведення експериментальних досліджень було зібрано лабораторну установку, схема якої представлена на рис. 1.

Установка складається з трьох ємностей 2, 7, 12, оснащених запірними вентилями 3, 8, що з'єднані трубопроводами 4, 9, магнітної мішалки 6 та фільтру 11.

Принцип дії установки наступний. Стічну воду 1 подавали у ємність 2, оснащену запірним вентиляем 3. Після цього вона потрапляла з ємності 2 у реактор 7 по трубопро-



1 – дослідна стічна вода; 2 – ємність; 3,8 – запірні вентиля; 4,9 – трубопровід; 5 – подача реагенту; 6 – магнітна мішалка; 7 – ємність для змішування реагенту зі стічною водою; 10 – осад після обробки; 11 – фільтр; 12 – ємність для відділення осаду від стічної води; 13 – очищена стічна вода

Рисунок 1 – Схема лабораторної установки очистки стічних вод методом коагуляції

воду 4, де змішувалась з реагентами за допомогою магнітної мішалки 6. Потім рідина відфільтровувалась через паперовий фільтр 11, на якому залишався осад 10, а фільтрат 13, який представляв собою очищені стоки, опинявся у ємності 12.

Для проведення експериментальних досліджень використовували стічні води хімічного підприємства ПАТ ЄВРАЗ «Дніпродзержинський КХЗ» та правобережних очисних споруд м. Дніпродзержинська.

Суть експериментальних досліджень полягала у наступному. Проби стічних вод обробляли неорганічними коагулянтами, дози яких варіювали у межах економічної доцільності (20-60 мг/дм<sup>3</sup>). У дослідженнях використовували наступні коагулянти: FeCl<sub>3</sub>, FeSO<sub>4</sub>, AlCl<sub>3</sub> для промислових стічних вод та FeCl<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>, FeSO<sub>4</sub>, AlCl<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> для міських. Перемішування стоків та реагентів відбувалось за допомогою магнітної мішалки (перші 5 хвилин після додавання коагулянту). Потім суміш відстоювали протягом двох годин, причому через певні проміжки часу (30, 60 і 120 хвилин) відбирали проби для визначення залишкової концентрації зважених речовин у освітленій стічній воді. Враховуючи технологічну доцільність, тривалість контактування промислових стоків з переліченими коагулянтами становила 30 хвилин.

Вихідна концентрація зважених речовин у фенольних промислових стічних водах дорівнювала 140 мг/дм<sup>3</sup>. Результати експериментальних досліджень представлено у табл.1.

Згідно з дослідними даними, найвища ефективність вилучення зважених речовин спостерігається при використанні сульфату феруму (II) у кількості 20 мг/дм<sup>3</sup>, тому на практиці рекомендовано використовувати саме цей реагент перед біологічною очисткою.

Таблиця 1 – Результати обробки фенольних промислових стічних вод неорганічними коагулянтами при тривалості контактування 30 хвилин

Коагулянт	Доза, мг/дм <sup>3</sup>	Залишковий вміст зважених речовин, мг/дм <sup>3</sup>
FeCl <sub>3</sub>	20	140
	40	90
	60	40
FeSO <sub>4</sub>	20	40
	40	40
	60	40
AlCl <sub>3</sub>	20	60
	40	40
	60	40

Метою обробки міських стічних вод коагулянтами було дослідження ефективності сумісного вилучення зважених речовин і фосфатів, а також встановлення оптимальних доз реагентів. Результати досліджень коагуляційної обробки міських стічних вод зведено у табл.2.

У ході досліджень виявлено, що найбільш ефективним коагулянтом для очистки міських стічних вод є хлорид алюмінію. Даний реагент забезпечує найвищий ступінь вилучення зважених речовин та фосфатів при мінімальному часі контактування зі стічною водою (30 хвилин). Інші реагенти для досягнення подібних результатів вимагають значно більшого часу контактування, або не забезпечують потрібного ступеня очистки взагалі.

Критерієм ефективності застосування коагулянтів при вилученні зважених речовин слід вважати їх гранично допустиму концентрацію (ГДК) на виході з очисних споруд – 9,25 мг/дм<sup>3</sup>. Необхідний ступінь очистки досягається при використанні хлориду феруму (III) у кількості 60 мг/дм<sup>3</sup> та часі обробки 2 години і хлориду алюмінію у кількості 60 мг/дм<sup>3</sup> та тривалості процесу 30 хвилин.

Таблиця 2 – Результати коагуляційної обробки міських стічних вод

Коагулянт	Доза, мг/дм <sup>3</sup>	Зважені речовини, мг/дм <sup>3</sup>	Фосфати, мг/дм <sup>3</sup>	Зважені речовини, мг/дм <sup>3</sup>	Фосфати, мг/дм <sup>3</sup>	Зважені речовини, мг/дм <sup>3</sup>	Фосфати, мг/дм <sup>3</sup>
1	2	3	4	5	6	7	8
FeCl <sub>3</sub>	20	110	6,25	75	5,25	50	2,25
	40	50	3,50	20	2,65	20	2,00
	60	50	2,75	10	2,50	7,5	0,75
Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	20	75	4,50	75	3,25	75	3,00
	40	25	2,50	25	1,00	25	1,00
	60	12,5	1,00	12,5	1,00	12,5	1,00
FeSO <sub>4</sub>	20	110	5,25	75	3,50	50	3,25
	40	100	2,75	75	2,50	50	1,50
	60	75	1,50	50	1,25	25	1,00
AlCl <sub>3</sub>	20	25	3,75	24	3,00	22	1,50
	40	24	1,75	22	1,25	20	0,25
	60	9	0,25	9	0,25	9	0,25



Продовження таблиці 2

Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	20	110	3,00	90	3,00	70	2,00
	40	75	2,50	50	2,00	45	1,75
	60	65	2,00	40	1,75	30	1,50
Час, хвилин	30		60		120		

Затверджена гранично допустима концентрація (ГДК) фосфатів перед скидом у водойми складає 3,5 мг/дм<sup>3</sup>, причому даний показник часто перевищується, що призводить до евтрофікації поверхневих водойм України. Уникнути цього негативного явища можна додаванням до стічної води коагулянтів. Встановлюючи оптимальну дозу коагулянту, слід мати на увазі, що найбільш доцільне буде одночасне вилучення як фосфатів, так і зважених речовин. У цьому відношенні, на основі проведених досліджень, можна рекомендувати хлорид алюмінію за оптимальної дози 60 мг/дм<sup>3</sup> та часу обробки 30 хвилин.

**Висновки.** В результаті експериментальних досліджень встановлено позитивний вплив методу коагуляції на глибину вилучення ЗР зі стічних вод. Використання коагулянтів дозволяє досягти ступеня очистки від ЗР 77% для фенольних стоків і 93% – для міських. У ході досліджень встановлено, що ефективна коагуляція ЗР відбувається у перші 30 хвилин після добавки реагенту, який допускається подавати у вигляді порошку або розчину. Отримано кінетичні закономірності вилучення ЗР зі стічних вод в інтервалі доз реагентів 20-60 мг/дм<sup>3</sup>. Показано, що через 30 хвилин коагуляційного процесу ступінь очистки від ЗР збільшується в середньому на 100 мг/дм<sup>3</sup> (для міських стоків з 110 до 9 мг/дм<sup>3</sup>, а для промислових – з 140 до 40 мг/дм<sup>3</sup>). Тобто метод коагуляції доцільно використовувати для інтенсифікації процесів освітлення у технології очистки міських і промислових стічних вод.

Публікація містить результати досліджень, проведених за грантом Президента України за конкурсним проектом 584 Державного фонду фундаментальних досліджень.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Abdelaal A.M. Using a natural coagulant for treating wastewater / Abdelaal A.M. // Eighth International Water Technology Conference, IWTC8. – 2008. – P.781-792.
2. Nur Fathinatul Akmal binti Saharudin Wastewater Treatment by using Natural Coagulant / Nur Fathinatul Akmal binti Saharudin, Rajesh Nithyanandam // Eureka. – 2014. – N.2 – P.120-121.
3. Hossam Altaher Pretreatment of Wastewater Streams from Petrochemical Industries Using Coagulation / Hossam Altaher, Emad ElQada, Waid Omar // Advances in Chemical Engineering and Science. – 2011. – N.1 – P.245-251.
4. Пат. 58924 Україна, СО2F1/49. Спосіб очищення природних і стічних вод / Душкін С.С., Солодовник М.В., Корінько І.В., Шевченко Е.Ю., Сокольник В.І., Бройде І.Л.; заявник та патентовласник Харківська національна академія міського господарства. – № u201012593; заявл. 25.10.2010; опубл. 26.04.2011, Бюл. № 8.
5. Смирнов А.Д. Сорбционная очистка воды / А.Д.Смирнов. – Л.: Химия, 1982. – 168с.
6. Когановский А.М. Адсорбция и ионный обмен в процессах водоподготовки и очистки сточных вод / А.М.Когановский. – К.: Наукова думка, 1983. – 240с.
7. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы / Ю.Г.Фролов. – М.: Химия, 1988. – 464с.
8. Захаров В.М. Алюможелезные коагулянты из отходов металлургического производства / В.М.Захаров, И.В.Николаев, Г.И.Луценко // Химия и технология воды. – 1985. – Т.7. – № 5. – С.65-66.

Надійшла до редколегії 13.10.2016.

Дніпродзержинський державний технічний університет

\*Полтавська державна аграрна академія

\*\*\*Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

## **КОМПЛЕКСНА УТИЛІЗАЦІЯ ВІДХОДІВ ХРОМО-НІКЕЛЕВИХ ГАЛЬВАНІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ З ПОВЕРНЕННЯМ У СФЕРУ ВИРОБНИЦТВА КОМПОНЕНТІВ ВІДХОДІВ**

**Вступ.** В умовах прискореного науково-технічного розвитку і бурхливого зростання промислового виробництва забезпечення екологічної безпеки стало однією з найважливіших проблем сучасності, вирішення якої нерозривно пов'язане з охороною здоров'я нинішнього і майбутнього поколінь людей, а також з охороною навколишнього природного середовища (НПС). Це викликано тим, що у міру розвитку продуктивних сил суспільства, зростання масштабів використання природних ресурсів відбувається зростання забруднення НПС відходами виробництв, знижується кількість і погіршується якість біоти в цілому.

Екологічні концепції, пріоритети екологічних вимог змінювалися в часі разом з критеріями оцінки техногенної дії окремих галузей виробництв. Зараз очевидно, що проблема екологічної безпеки має крім технічних аспектів аспекти соціальні, і з цієї причини підтримка позитивної стабільності існування біосфери приймає все більшу значущість.

Відомо, що ступінь впливу на організм людини залежить від фізико-хімічних властивостей забруднюючих речовин, їх форм існування, концентрацій, резистентності організму тощо. Звичайно на організм людини забруднюючі речовини чинять комплексний вплив, котрий в окремих випадках має синергетичний характер. Такий вплив не підкоряється вимогам санітарно-гігієнічних норм і потребує спеціальних досліджень.

За рівнем забруднення довкілля гальванічні виробництва, що мають широкий спектр органічних і неорганічних забруднень, порівнюють з хімічними виробництвами. Екологічна безпека гальванічних виробництв полягає в мінімізації викидів і скидів у навколишнє природне середовище за рахунок знешкодження забруднюючих речовин і/або використання безвідходних технологій [7].

*Аналіз попередніх досліджень.* В даний час в гальванічному виробництві відпрацьовані електроліти збирають, змішують разом і нейтралізують вапняним молоком. Такі відходи більше 3000 цехів з гальванопокриттів України є одним з основних джерел забруднення НПС: атмосфери, поверхневих і підземних вод, ґрунтів важкими високотоксичними металами (Zn, Ni, Cr, Cu, Cd, Pb тощо), котрі зазвичай зберігаються в шламонакопичувачах, що призводить до відчуження корисних сільськогосподарських земель [3].

Відсутність в Україні законодавства і практично спеціалізованих організацій з переробки гальванічних відходів (ГВ) призвела до того, що їх викидають разом з іншими промисловими і побутовими відходами в НПС. Разом з тим ГВ містять цінні кольорові метали, яких немає в Україні, а потреба в них щорічно зростає [1]. Виходом з цієї ситуації є повна переробка ГВ з максимальним поверненням їх металокомпонентів у сферу виробництва [2]. В даній роботі вивчали можливості утилізації відпрацьованих електролітів гальванічного виробництва Дніпропетровського трубного заводу (ДТЗ).

**Постановка задачі.** Мета роботи – розробити енерго- і ресурсозберігаючу, маловідхідну технологію з розробкою апаратурно-технологічної схеми комплексної ути-

лізації відходів гальванічних виробництв, котрі використовують хромово-нікелеві покриття, з цільовим використанням продуктів утилізації.

**Результати роботи.** Продуктами відпрацьованих електролітів ДТЗ є оксиди хрому(II) і хрому(III), а також сульфати феруму(III), нікелю(II), купрум(II) і сірчана кислота. Склад відпрацьованих електролітів (г/ дм<sup>3</sup>):

- хромування: хром(VI) оксид до 600, хром(III) оксид до 42, ферум (III) сульфат до 44, купрум(II) сульфат до 48, сульфатна кислота до 32;

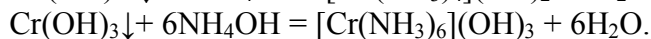
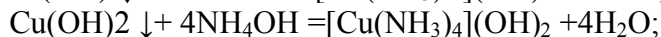
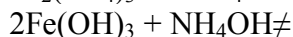
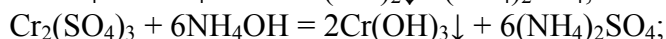
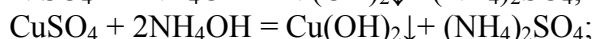
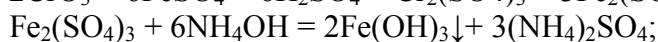
- нікелювання: нікель(II) сульфат до 18, сульфатна кислота до 20;

- травлення сталі: залізо(II) сульфат до 300, сульфатна кислота до 40.

Аналіз науково-технічної і патентної літератури вказує на те, що не існує універсального способу переробки ГВ. У світовій практиці застосовують пірометалургійні, фізико-хімічні і реагентні методи утилізації ГВ, недоліки і переваги їх описані [4].

Нами вибрано і запропоновано реагентний гідрохімічний спосіб переробки ГВ, котрий базується на різній здатності сполук хрому, купрум(II) і феруму до комплексотворення, розчинності в кислотах і лугах. Дослідження проводили в лабораторних умовах за методикою и на установці [5].

Об'єктами досліджень служили ГВ ДТЗ і модельні розчини. Поетапна переробка ГВ (табл.1) описується реакціями [2-6]:



Таблиця 1 – Поетапні результати переробки ГВ

Етапи процесу	Результати
1. Фільтрування відпрацьованого електроліту хромування (ВЕХ)	Виокремлення осаду $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , сушіння, одержання фільтрату
2. Обробка фільтрату $\text{FeSO}_4 + \text{H}_2(\text{SO}_4)$ з відпрацьованого травильного розчину (ВТР)	Відновлення Cr(VI) у Cr(III) Одержання розчинів сульфатів Cr(III), Fe(III), Cu(II)
3. Обробка одержаних розчинів сульфатів відпрацьованим електролітом нікелювання (ВЕН) і амоній гідроксидом	Утворення осадів $\text{Cr}(\text{OH})_3$ , $\text{Ni}(\text{OH})_2$ , $\text{Fe}(\text{OH})_3$ У розчині $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
4. Фільтрування одержаної суміші	Розділення гетерофазної системи
5. Випарювання фільтрату, кристалізація, сушіння	Одержання кристалічного амоній сульфату, сушіння
6. Додаткова обробка амоній гідроксидом осаду гідроксидів Cr(III), Fe(III), Ni(II)	Утворення аміачних комплексів Cr(III), Cu(II), Ni(II). В осаді $\text{Fe}(\text{OH})_3$
7. Фільтрування розчину аміачних комплексів з осадом $\text{Fe}(\text{OH})_3$	Утворення осаду $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , сушіння У розчині аміачні комплекси Cr(III), Cu(II), Ni(II)
8. Утилізація розчинів аміачних комплексів Cr(III), Cu(II), Ni(II)*	За технологічною схемою

\* за необхідності використовують згущення або випаровування

На кожному етапі роботи (табл.1) проводили постійний аналіз на вміст компонентів ГВ з відбором проб розчинів за стадіями утилізації [8]. Аналізи показали, що залишковий вміст компонентів ГВ відповідає їх екологічним стандартам і рекомендаціям ВОЗ.

Розчин електроліту з суміші аміачних комплексів хрому, нікелю і купруму, виходячи з відмінності їх стандартних електронних потенціалів, як показано в [6], можна використовувати як електроліт для отримання хромово-нікелевих покриттів в гальванопластиці або після упарювання і сушіння для аналогічного застосування.

На основі отриманих результатів нами розроблено и запропоновано апаратно-технологічну схему переробки ГВ, яка працює наступним чином (рис.1). З ємності 1 ВЕХ потрапляє на фільтр 2, на якому відбувається виокремлення осаду – хром(III) триоксиду, котрий шнек-машиною 3 переміщується в сушарку 4, а готовий продукт потрапляє на склад.

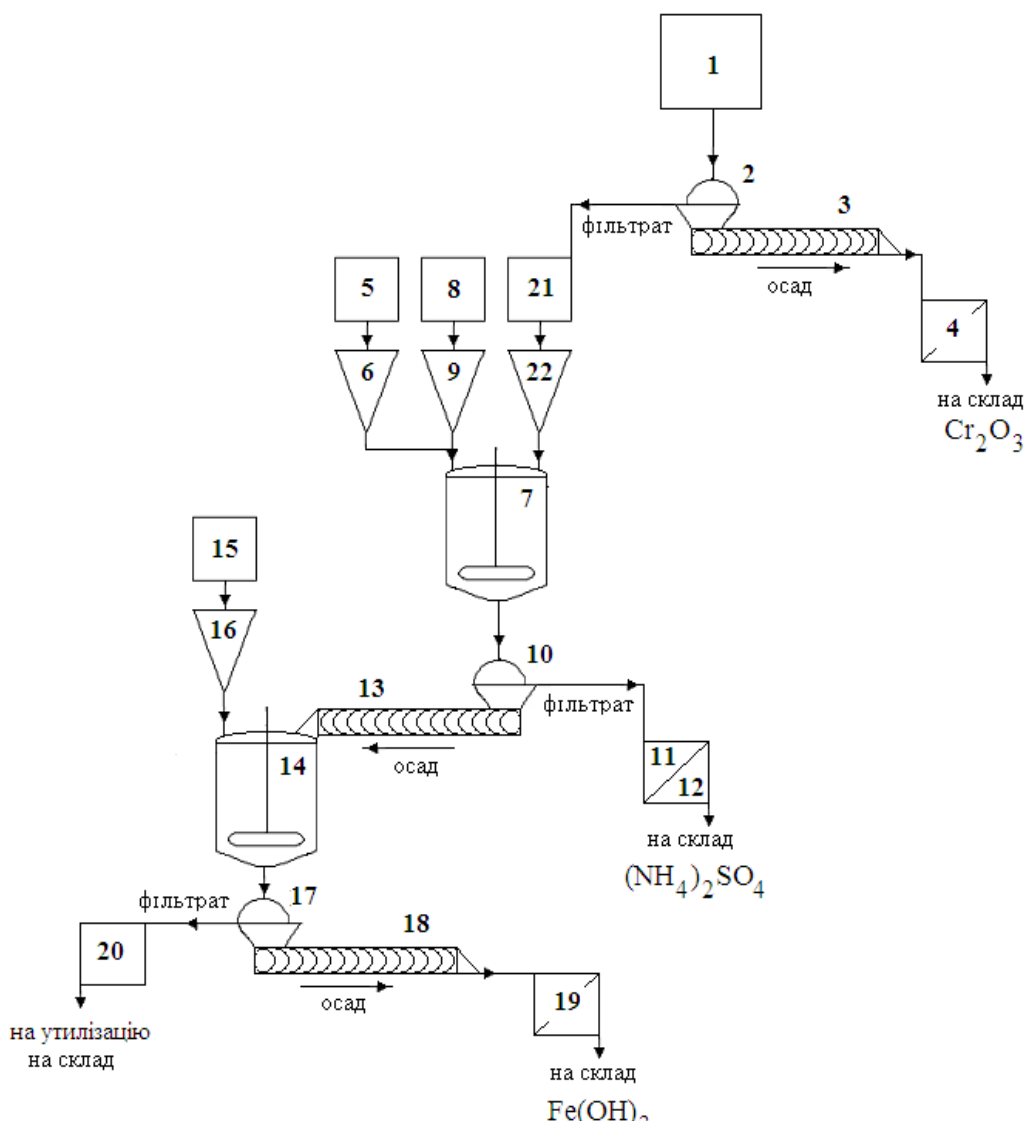


Рисунок 1 – Апаратно-технологічна схема переробки ГВ

Фільтрат подається безпосередньо у хімічний реактор 7, обладнаний мішалкою з електроприводом і водяною сорочкою. Також у реактор подається у необхідній кількості ферум (III) сульфат і сульфатна кислота з ємності 8, котра містить ВТР, через дозатор 6, а також ВЕН – з ємності 8 через дозатор 9 і стехіометрична кількість 25%-го амоній гідроксиду з ємності 21 через дозатор 22.

Одержану внаслідок хімічних реакцій гетерогенну систему відфільтровують на фільтрі 10, фільтрат випаровують у випарці 11, а кристалічний амоній сульфат після сушарки 12 потрапляє на склад.

Осад після фільтра 10 подається шнек-машиною 13 у хімічний реактор 14, в який також потрапляє 25%-й розчин амоній гідроксиду з ємності 15 через дозатор 16. Реактор обладнаний мішалкою з електроприводом і водяною сорочкою.

Після завершення реакційних процесів з реактора 14 суміш подається на фільтр 17. Осад з фільтра переміщається шнек-машиною 18 на сушарку 19, а готовий продукт – ферум(III) гідроксид – на склад. Фільтрат збирають у ємність 20 і використовують у виробничому процесі як електроліт.

Таким чином, розроблена схема переробки ГВ має інноваційний характер, її слід рекомендувати до впровадження у виробництво.

#### **Висновки.**

1. Вперше запропоновано спосіб реагентної сумісної утилізації ВЕХ, ВЕН, ВТР гальванічного виробництва з поверненням в сферу виробництва продуктів переробки.

2. Продукти переробки можуть бути використані: хром(III) оксид – як абразив, фарбник, сировина для отримання чистого хрому; амоній сульфат – як добриво; залізо(III) гідроксид – як коагулятор замість коштовного алюміній сульфату або як фарбник замість залізо(III) оксиду; змішаний аміачний електроліт – для отримання хромово-нікелевих гальванопокриттів; знесолена вода, отримана при упарюванні і сушці, – для технічних цілей.

3. Розроблено та запропоновано апаратно-технологічну схему переробки гальванічних відходів реагентної сумісної утилізації ВЕХ, ВЕН, ВТР гальванічного виробництва.

4. Запропонований спосіб є простим, не вимагає складного устаткування, дозволяє досягти повної утилізації ГВ, є енерго- і ресурсозберігаючим, екологічно безпечним, виключає споруди шлаконакопичувачів і тим самим виключає відчуження земель.

5. Запропонований спосіб утилізації ГВ може бути рекомендований для використання на підприємствах, пов'язаних з гальванічним виробництвом, а також в навчальному процесі при опановуванні дисциплін «Екологія» і «Перспективні хімічні технології».

#### **ЛІТЕРАТУРА**

1. Результаты клинико-лабораторных исследований населения для выявления неблагоприятного воздействия на организм солей тяжелых металлов как экологического фактора / А.Н.Полякова, С.Б.Назаров, Г.Н.Кашманова, Н.Е.Журавлева // Гигиена и санитария. – 1995. – №1. – С.33-35.
2. Проценко О.В. Дослідження та розробка технології утилізації травильних розчинів з отриманням амоній сульфату. Повідомлення 1 / О.В.Проценко, А.Б.Шестозуб, В.П.Дмитриков // Збірник наук. праць Дніпродзержинського державного технічного університету (технічні науки). – Дніпродзержинськ: ДДГУ. – 2014. – Вип.1(24). – С.281-286.
3. Долина Л.Ф. Сточные воды предприятий черной металлургии и способы их очистки / Л.Ф.Долина. – Днепропетровск: Молодежная Экологическая Лига Приднепровья. – 1998. – 44с.
4. Запольский А.К. Комплексная переработка сточных вод гальванического производства / А.К.Запольский, В.В.Образцов. – К.: Техніка. – 1989. – 199с.
5. Получение сульфата аммония, коагулянта на основе железа и электролита для нанесения хромово-никелевых покрытий из гальванических отходов / В.Е.Петрова, В.В.Карпук, А.В. Проценко [и др.] // Наукова Україна: всеукр. студ. наук. конф. з міжнар. участю, 24 травня 2015 р.: зб. матеріалів. – Дн-вськ, 2015. – С.701-703.

6. Глинка Н.Л. Общая химия: учебное пособия для вузов / под ред. А.И.Ермакова. – Изд 30-е, исправленное. – М.: Интеграл-Пресс, 2003. – 723с.
7. Проценко А.В. Реагентная технология извлечения металлокомпонентов из отработанных первичных источников тока / А.В.Проценко, В.М.Гуляев // Экология ЦЧО РФ. – 2011. – №1. – С.39-43.
8. Тарасова В.В. Екологічна стандартизація і нормування антропогенного навантаження на природне середовище / В.В.Тарасова, А.С.Малиновський, М.Ф.Рибак. – К.: Центр учбової літератури. – 2007. – 276с.

Надійшла до редколегії 11.04.2016.

УДК. 621: 658

ГУЛЯЄВ В.М., д.т.н., професор  
КОРНІЄНКО І.М., к.т.н., доцент  
БУЛІЙОВ А.Є., студент  
ЯКОВЛЄВ С.П., студент  
ДМІТРІЄНКО В.Ф., зав. лабораторії

Дніпродзержинський державний технічний університет

## ДОСЛІДЖЕННЯ СПРОЩЕНИХ МЕТОДІВ ФАРБУВАННЯ РОСЛИННОЇ КЛІТИНИ (НА ПРИКЛАДІ ЕЛОДЕЇ ТА ЕПІТЕЛІЮ ЦИБУЛІ)

**Вступ.** Виходячи з сучасних потреб науки у якісному дослідженні мікроорганізмів, а загалом клітини і отриманні найбільш точних даних як про клітину, так і її складові (органели, включення) для таких галузей, як біологія, хімія, біотехнологія, генна інженерія перед вченими постає задача знаходження найбільш результативних методів вивчення будови клітин. Одним із таких методів є візуальне дослідження клітини, що дає повну інформацію про внутрішній склад клітин в залежності від методів фарбування.

Сучасні методи дослідження клітин надають повне уявлення про внутрішній склад клітини, а також функціонування органел задля складання морфологічної характеристики досліджуваних мікроорганізмів.

Застосування сучасних фарбників та методик в рази підвищує якість мікроскопії, але в учбовому процесі перевагу надають простим та недорогим методам фарбування [1-4].

**Постановка задачі.** Метою дослідження є використання простих та ефективних фарбників, які можна застосовувати при дослідженні рослинних клітин.

Задачі експерименту:

- 1 - дослідити вплив найпоширеніших фарбників на якість фарбування та ефективність мікроскопії органел рослинної клітини (на прикладі елодеї та цибулі);
- 2 - надати порівняльну характеристику дослідженим методам фарбування рослинних клітин;
- 3 - обґрунтувати можливість використання простих фарбників рослинних клітин в учбовому процесі.

**Результати роботи.** Дослідження методів фарбування для покращеної мікроскопії органел рослинної клітини на прикладі епітелію цибулі та елодеї. Як відомо, для виявлення органел клітини потрібно використовувати певні фарбники для підвищення якості мікроскопії. Проблема полягає у тому, що деякі органели клітин мають дуже малий ступінь заломлення, тому багато органел неможливо або дуже важко побачити без використання фарбників.

Основними параметрами, за якими буде визначено якість фарбування та мікроскопії, можна вважати час, після якого препарат почне діяти (фарбувати клітину та її органели), складність приготування фарбників, якість фарбування, тобто можливість

розрізнити органели та саму клітину та вартість реагенту. Основним показником якості фарбування, від якого залежить можливість мікроскопії препарату, можна вважати застосування комплексних підходів, оскільки клітинна стінка рослинної клітини складається з целюлози, яка добре захищає її від навколишнього середовища та проникнення фарбників. Основною задачею введення комплексів препаратів (додаткових) є руйнування клітинної стінки для проникнення реагенту в клітину задля фарбування складових клітини: ядро, ядерця, пори, вміст ефірних масел, цитоплазма, вакуолі та включення.

Значення органел у рослинній клітині.

1. Ядро – основною функцією ядра є збереження та передача спадкової інформації. Його структура представлена двома білково-ліпідними мембранами, що виконують функцію відділення внутрішнього вмісту ядра, але є пори, завдяки яким здійснюється транспорт т-РНК до рибосом для синтезу білка. Внутрішній вміст ядра представлений матриксом, молекулами ДНК та ядерцями.

2. Цитоплазма є основною складовою кожної клітини. Цитоплазма за своєю структурою може бути представлена у вигляді в'язкого гелю або рідкої речовини –золю. Вона являє собою складну систему з вмістом різних хімічних елементів. Під електронним мікроскопом можна побачити, що у цитоплазмі знаходяться канальця навколо ядра, які називаються ретикулою. Вона бере участь у транспортуванні речовин по клітині.

Також цитоплазма складається з мікротрубочок – немембранні тонкі ниткоподібні структури, які складаються зі скоротливих білків. Мікротрубочки забезпечують підтримання форми клітини та рух хромосом під час ділення клітини.

3. Пластиди –специфічні структури рослинної клітини. Є кілька видів пластидів: лейкопласти (безбарвні), хлоропласти (зелені), хромопласти (червоні або жовті та ін.).

Хлоропласти виконують функцію фотосинтезу. Хлоропласти є двомембранними компонентами, які покриті білково-ліпідними мембранами. В хлоропластах міститься пігмент хлорофіл, що використовує сонячну енергію для синтезу органічних речовин із вуглекислого газу та води.

Комплекс Гольджи (КГ) – структура, представлена у вигляді вигнутих паличкоподібних тілець. КГ приймає участь у синтезі речовин, з яких складається мембрана клітини. Також задачею КГ є виведення речовин, синтезованих клітиною.

4. Клітинна стінка – відокремлює вміст рослинної клітини від зовнішнього середовища, забезпечуючи її цілісність, регулює обмін між клітиною і середовищем. Клітинна стінка рослинної клітини складається з простих полісахаридів – целюлози. Завдяки целюлозі клітинна стінка набуває твердості та захищає органи рослини від несприятливих впливів: висихання, перегріву, переохолодження, променевої енергії, механічних пошкоджень, зайвого намокання, проникнення чужорідних організмів.

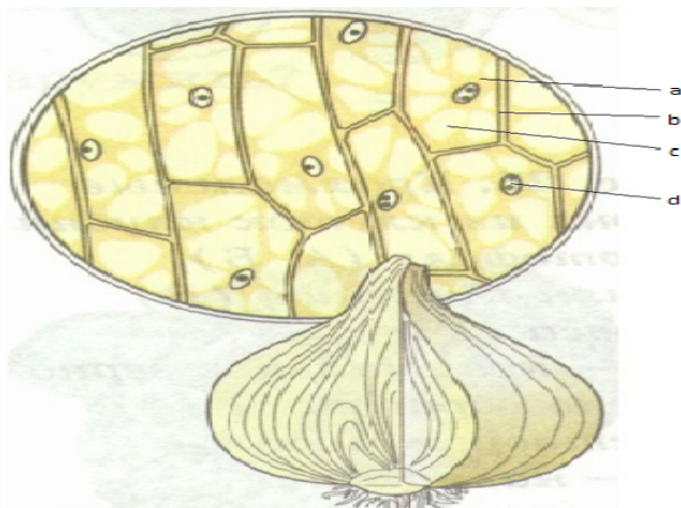
5. Вакуоль – одномембранна органела, що міститься в деяких еукаріотичних клітинах і виконує різні функції (секреція, екскреція і зберігання запасних речовин, аутофагія, автоліз та ін.) [3].

У даному випадку було використано активні фарбники, тобто ті, що починають діяти вже після 60-120 секунд та фарбують усю клітину [1-4].

Розглянемо структуру епідермісу цибулі (рис.1) та елодеї (рис.2), порівняємо з отриманими дослідними даними.

1. Цибуля – багаторічна трав'яниста рослина, вид роду Цибуля (*Allium*) сімейства Цибулеві (*Alliaceae*), широко поширена овочева культура. Руху цитоплазми не спостерігалось.

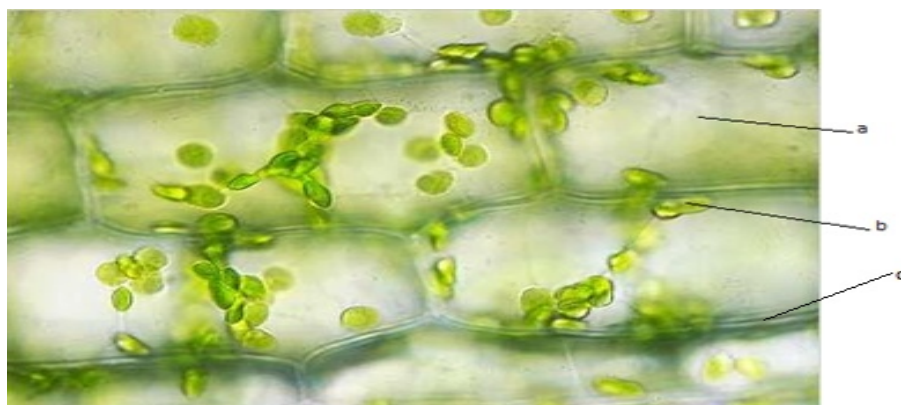
2. Елодея – водна рослина; вид роду Елодея (*Elodea*). Батьківщина рослини – Північна Америка, де вона росте у стоячих і повільно поточних водах, в ставках, глибоких канавах, річкових заводях, старицях, каналах. Є інвазивним видом в Європі, Азії, Африці та Австралії. При проведенні експерименту також досліджувався вплив температури під час фарбування, яка здійснює активізацію руху цитоплазми. Експеримента-



а – цитоплазма; б – клітинна стінка;  
с – вакуоль; d – ядро

Рисунок 1 – Структура епідермісу цибулі

розчину з масовою концентрацією  $0,005 \text{ г/см}^3$  і змішують із  $194 \text{ см}^3$  дистильованої води. Строк зберігання приготовленого розчину не більше 30 діб у холодильнику.



а – цитоплазма; б – хлоропласти; с – клітинна стінка

Рисунок 2 – Структура епідермісу елодеї

Для першого досліду використовували 1%-вий розчин йоду в йодистому калії. Основним етапом проведення досліду є фарбування епітелію цибулі цим препаратом, час експозиції – 2 хвилини. По закінченню проникнення препарату до епітелію клітини його змивають дистильованою водою та розглядають під мікроскопом. Клітинна структура цибулі та елодеї фарбуються у темно-помаранчевий колір. Такий спосіб фарбування має основний недолік – низький рівень зафарбовування органел. Позитивним фактором використання такого методу фарбування рослинної клітини є простота виконання даного методу (без використання складних комплексів), а також доволі низька вартість препарату. В основному йод використовується для прокрашування клітини в цілому, а не її компонентів.

## 2. Метиленовий синій (рис.3-5) [4].

При фарбуванні епітелію цибулі та елодеї 2%-вим розчином метиленового синього, на відміну від попереднього методу фарбування, під мікроскопом стає добре ви-

ми доведено, що найбільш рухома цитоплазма фіксується при дотриманні температури близько  $60^\circ\text{C}$ .

*Методика приготування фарбників.*

1 – приготування метиленового синього.

Темно-синя рідина з характерним спиртовим запахом, непрозора. Метиленовий синій належить до антисептичних засобів-барвників. Виконує бактерицидну дію на грампозитивні бактерії.

Для приготування робочого розчину метиленового синього із масовою концентрацією  $0,00015 \text{ г/см}^3$  беруть  $6 \text{ см}^3$

2 – приготування йоду. Використовується звичайний 5% спиртовий розчин йоду.

Реагенти для фарбування: 1%-вий розчин йоду в йодистому калії, 2%-вий розчин метиленового синього.

Послідовність використаних методів фарбування.

## 1. Фарбуванням йодом [4].



дно органели клітини, наприклад, метакондрії. Метиленовий синій дуже добре прокрашує елементи клітини, при цьому не треба використовувати додаткових препаратів для руйнування клітинної стінки, також цей препарат має низьку вартість.

Завдяки йому також відбувається прокрашування жирів, яких особливо багато в старіючих клітинах, та валютину (монохроматичних зерен). Прокрашування рослинних клітин може проводитись за складними методами – Майера та Нейсера.



Рисунок 3 – Клітина елодеї

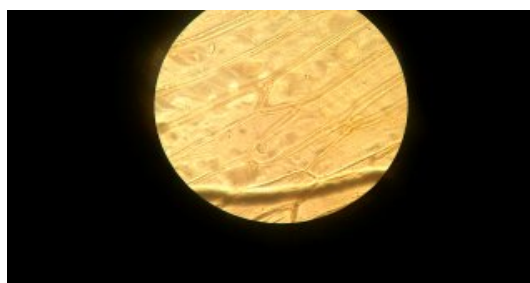


Рисунок 4 – Клітина цибулі під мікроскопом

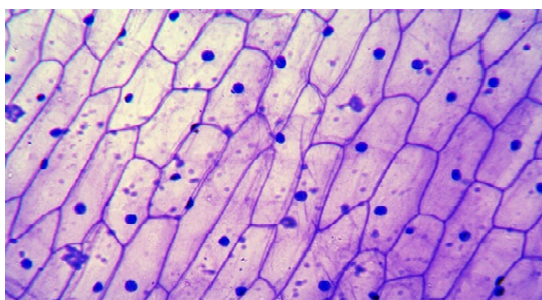


Рисунок 5 – Зразок профарбованої клітини епідермісу цибулі (під мікроскопом) метиленовим синім

Результати якості фарбування йодом та метиленовим синім листа елодеї та епітелію цибулі наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Результати досліджень якості фарбування йодом та метиленовим синім

Результат якості мікроскопії органел рослинної клітини метиленовим синім				
Назва матеріалу	Ядро	Клітинна стінка	Хлоропласти	Вакуоль
Елодея	чітко	чітко	чітко	-
Епітелій цибулі	погано	чітко	-	чітко
Результат якості мікроскопії органел рослинної клітини йодом				
Назва матеріалу	Ядро	Клітинна стінка	Хлоропласти	Вакуоль
Елодея	погано	чітко	погано	-
Епітелій цибулі	погано	чітко	-	чітко

**Висновки.** Після повного опрацювання досліду (табл.1) та проведення роботи з даними фарбниками – йодом та метиленовим синім – за критеріями, які ми представили, найбільш якісним нескладним фарбником рослинної клітини виявився метиленовий синій. Прокрашування дослідного матеріалу відбулося в межах 60-120 секунд і не вимагало застосування допоміжних речовин. Собівартість досліджень була прийнятною

для обох реагентів, але якість мікроскопії була чіткішою і дозволила добре вивчити структуру клітини за більш короткий термін під час використання метиленового синього. При використанні йоду не відмічалось виявлення включень, ядра та хлоропластів. Виходячи з цього, із двох використаних реагентів метиленовий синій є кращим фарбником, тому що він здатен профарбовувати основні органели клітини.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Трускавецький Є.С. Цитологія / Трускавецький Є.С. – К.: Вища школа, 2004. – 254с.
2. Ченцов Ю.С. Введение в клеточную биологию: учебник для вузов / Ченцов Ю.С. – 4-е изд. перераб. и доп. – М: ИКЦ «Академкнига», 2004. – 495с.
3. Практикум по экологии / под ред. С.В.Алексеева. – М.: АО МДС, 1996. – 192с.
4. Корнієнко І.М. Практикум з лабораторних робіт по біології клітини / Корнієнко І.М. – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2009. – 61с.

*Надійшла до редколегії 12.01.2016.*

УДК 502:614.4

ТРОЇЦЬКА О.О., к.б.н., с.н.с.  
БСЛОКОНЬ К.В., к.т.н., доцент  
МАНІДІНА Є.А., асистент  
БАКАРДЖИЄВ Р.О.\*, к.т.н., доцент

Запорізька державна інженерна академія

\*Таврійський державний агротехнологічний університет, м. Мелітополь

### **ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ВЕТЕРИНАРНО-САНІТАРНИХ УТИЛІЗАЦІЙНИХ ЗАВОДІВ**

**Вступ.** У нашій державі та в світі основним напрямком утилізації відходів, що утворюються внаслідок падіння всіх видів сільськогосподарських тварин та ліквідації бродячих і диких тварин, а також конфіскатів, які одержують в процесі переробки тваринної сировини на різних підприємствах (м'ясокомбінатах, забійних пунктах та ін.), є переробка їх на ветеринарно-санітарних утилізаційних заводах (ветсанутильзаводи) на кормові цілі.

Ветсанутильзаводи – це досить великі підприємства, обладнані технологічним устаткуванням, системою очищення стічних вод, забезпечені проточною гарячою та холодною водою, а також дезинфекційними засобами та обладнанням і т.п. Переробка сировини на ветсанутильзаводах здійснюється сухим способом у вакуум-горизонтальних котлах (деструкторах) у три фази, де технологічний процес забезпечує загибель умовно-патогенної мікрофлори при обробці трупної сировини. Таким чином, існуючі режими переробки трупної сировини на ветсанутильзаводах забезпечують одержання високобілкового кормового продукту, а також виконують ще й роботу з утилізації трупної сировини, яку за різними причинами не можна переробляти на корми [1, 2].

Технологічні процеси на сучасних утилізаційних заводах ускладнювалися від початкового знезараження трупної сировини від патогенних мікроорганізмів та факультативно-потенціальних збудників хвороб до її повної утилізації. Однак, і для утилізаційних підприємств, які являють собою базу для підтримання екологічної безпеки і санітарно-гігієнічного режиму, залишається відкритим питання удосконалення організації виробничого процесу у відношенні ступеня його безпеки для довкілля [1-3].

Поряд з економічним значенням процесу утилізації трупної сировини на ветсанутильзаводах не менш значну роль має задача значного зменшення кількості небажа-

них мікроорганізмів, які надходять у довкілля внаслідок утилізації трупної сировини, та знищення патогенних мікроорганізмів, факультативно-потенціальних збудників хвороб. Ця функція утилізаційних підприємств повинна здійснюватися постійно. Утилізація трупної сировини на ветсанутильзавах являє собою базу для підтримання екологічної безпеки [4].

Однак, навіть така прогресивна форма процесу утилізації трупної сировини, як її переробка на ветсанутильзавах, може стати джерелом екологічної небезпеки для довкілля. Отже, без всебічного наукового обґрунтування проблем екологічно безпечного функціонування ветсанутильзаводів існує небезпека виникнення негативного впливу на довкілля. Але в наукових літературних джерелах надано обмежену інформацію про вплив цих підприємств на екологічний стан навколишнього середовища, що й визначає актуальність подальших досліджень у цьому напрямку.

**Постановка задачі.** Надати інформацію про вивчення впливу антропогенної діяльності людини з утилізації трупної сировини тваринного походження на спеціалізованому підприємстві (Токмацькому ветеринарно-санітарному утилізаційному заводі) на об'єкти природної екосистеми (прилеглі ґрунти, малу річку, води артезіанських свердловин, шахтних колодязів тощо), що дозволяє на основі встановлених впливів розробити конкретні заходи, необхідні для збереження екологічної безпеки на дослідних територіях та раціонального використання ресурсів.

**Результати роботи.** У навколишньому середовищі досліджували наступні об'єкти: ґрунти з території очисних споруд, ґрунти з ділянки, яка найближче розташована до виробничої зони ветсанутильзаводу, воду з артезіанських свердловин, які розташовані найближче до ветсанутильзаводу, річкову воду, у яку викидають очищені стічні води, воду з шахтних колодязів, розташованих найближче до заводу, тобто ті об'єкти довкілля, що безпосередньо або опосередковано підлягають впливу такого емісійного джерела забруднення, як Токмацький ветсанутильзавод.

На рис.1, 2 надано гістограми, які відображають отримані результати бактеріологічних досліджень ґрунтів.

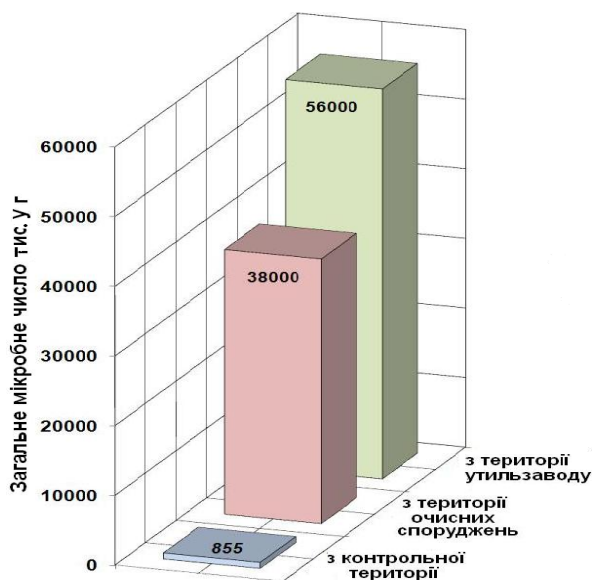


Рисунок 1 – Загальне мікробне обсіменіння ґрунтів

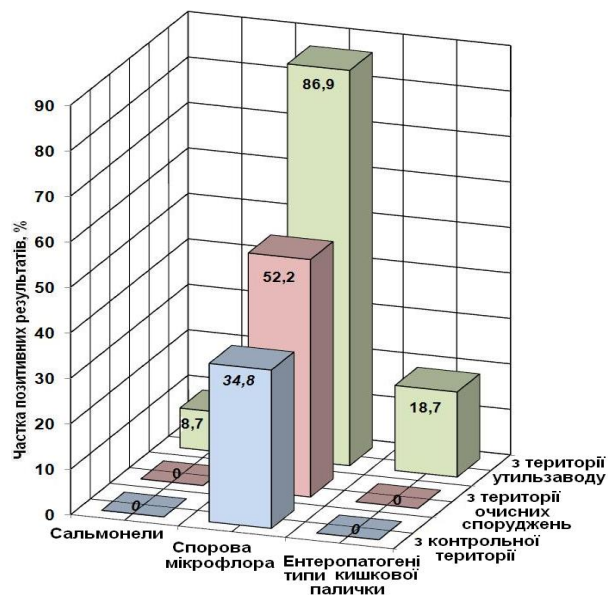


Рисунок 2 – Результати бактеріологічного дослідження ґрунтів

За результатами проведених досліджень показано, що мікробне обсіменіння 1 г ґрунту з території заводу, а також колі-титр характерні для забрудненого ґрунту й від-

різняються від контрольних об'єктів. Відсоток виявлення спорової мікрофлори у пробах ґрунту, відібраних з території ветсанутильзаводу, складав  $86,9 \pm 1,7\%$  (сибірської виразки не виявлено), що у 2,5 рази більше, ніж у контрольних пробах ( $34,8 \pm 10,1\%$ ). У цих пробах були також виявлені сальмонели ( $8,7 \pm 0,2\%$ ) та ентеропатогенні типи кишкової палички ( $18,9 \pm 10,2\%$ ), що пояснюється фактом тимчасового зберігання трупної сировини на майданчику на території утильзаводу, з якого мікрофлора потрапляє до близько розташованих ґрунтів і забруднює їх патогенною мікрофлорою. Тому необхідно ліквідувати або значно удосконалити майданчик для зберігання трупної сировини на території утильзаводу, який є осередком та джерелом потрапляння у довкілля (ґрунт) небажаної мікрофлори.

Дослідження показали, що в пробах ґрунту з території очисних споруд сальмонели та ентеропатогенні типи кишкової палички не виявлені.

Проведені дослідження по визначенню бактеріологічних показників води з близько розташованої артезіанської свердловини, з якої постачається вода на господарчі потреби ветсанутильзаводу, та з кранів сировинно-роздільного і апаратного відділень показали, що проби води, відібраної з артезіанської свердловини, мали показники за загальним мікробним числом майже у 2 рази нижчі ( $27 \pm 12$  тис. в 1 мл), ніж проби тієї самої води, але що витікає з кранів ( $46 \pm 14$  тис. в 1 мл). Патогенної мікрофлори в жодній з досліджуваних проб виявлено не було. Визначене підвищення загальної кількості мікроорганізмів у пробах води з кранів сировинно-роздільного та апаратного відділень пояснюється тим, що артезіанська вода, проходячи крізь водопровідну мережу, забруднюється мікрофлорою, що присутня на внутрішніх поверхнях труб.

Таким чином, можна зробити висновок, що вода з водоносного горизонту, який знаходиться найближче до виробничої зони і з якого саме й здійснюється водопостачання заводу, не підлягає бактеріальному забрудненню від такого потенційного джерела алохтонної мікрофлори, як ветеринарно-санітарний утилізаційний завод.

За результатами проведених досліджень встановлено, що загальне мікробне число у стічній воді з брудної зони складає  $842 \cdot 10^8 \pm 822 \cdot 10^6$  тис. мікробних тіл у 1 мл. З проб було виділено: ентеропатогенні типи кишкової палички –  $75,0 \pm 13,6\%$ ; протеї –  $61,7 \pm 11,3\%$ ; сальмонели –  $39,8 \pm 12,1\%$ ; спорова мікрофлора –  $65,0 \pm 7,1\%$ ; кокова мікрофлора –  $66,7 \pm 12,3\%$ ; інша умовно-патогенна мікрофлора –  $50,0 \pm 7,1\%$ .

Встановлено, що для проб стоків, які відбирали після змішування їх з двох зон („брудної” та „чистої”), загальне мікробне число склало  $592 \cdot 10^4$  тис. в 1мл. Було виявлено: ентеропатогенні типи кишкової палички –  $66,7 \pm 11,0\%$ ; протеї –  $75,0,7 \pm 4,3\%$ ; сальмонели –  $41,5 \pm 9,5\%$ ; спорова мікрофлора –  $70,0 \pm 4,2\%$ ; кокова мікрофлора –  $37,0 \pm 4,1\%$ ; інша умовно-патогенна мікрофлора –  $29,2 \pm 7,5\%$ .

Отримані дані свідчать про те, що стоки, які надходять з „брудної” зони в процесі з'єднання з іншими стічними водами ветсанутильзаводу, забруднюють їх, що призводить до значного обміненія різною мікрофлорою.

На рис.3, 4 графічно представлено результати бактеріологічних досліджень стічних вод на різних етапах їх очищення.

Після проходження системи очисних споруджень загальне мікробне число коливається від 5,5 до 552 тис. мікробних тіл у 1 мл. Виявлено ентеропатогенні типи кишкової палички –  $15,0 \pm 16,0\%$ ; протеї –  $7,0 \pm 14,5\%$ . Сальмонели, спорову мікрофлору, кокову мікрофлору та іншу патогенну мікрофлору (збудники сибірської виразки, бруцельозу) не виявлено. Таким чином, існуюча система очищення стічних вод Токмацького ветсанутильзаводу забезпечує достатній ступінь очищення стоків, що дозволяє використовувати очищені стічні води для зрошування полів.

З метою визначення можливого впливу на річкову воду очищених стоків ветсанутильзаводу було відібрано проби вище випуску стоків та нижче спуску стічних вод у різні

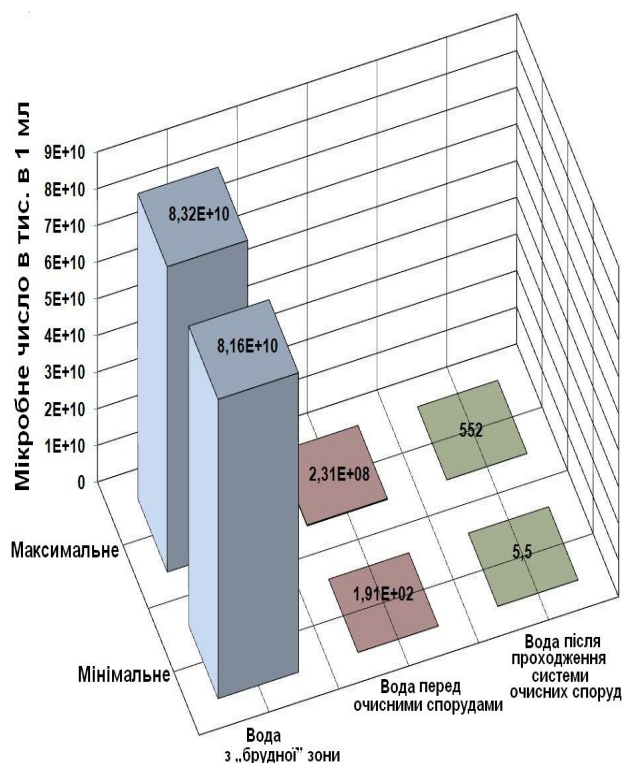


Рисунок 3 – Загальне мікробне число в пробах стічної води на різних етапах знезараження та очищення, тис. в 1 мл

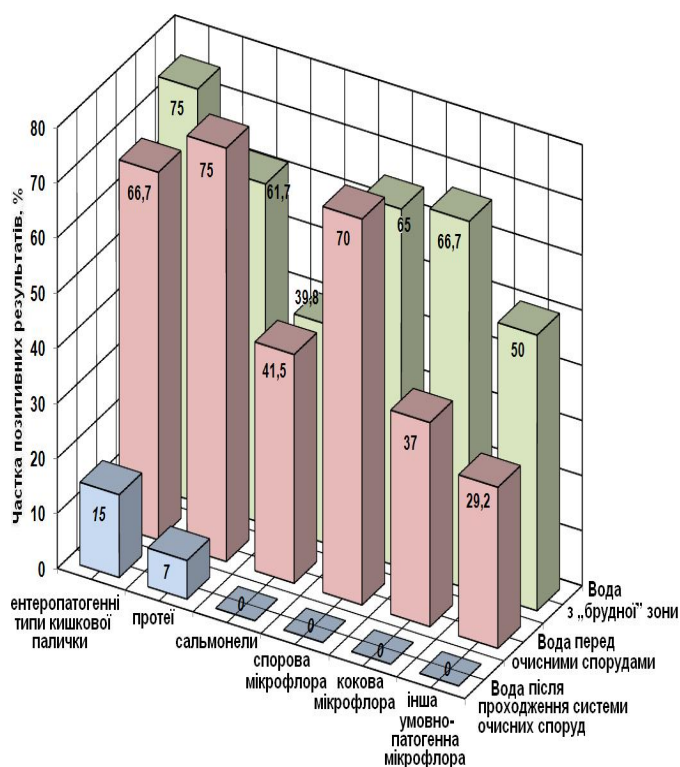


Рисунок 4 – Результати бактеріологічного дослідження проб стічної води на різних етапах знезараження та очищення

періоди року. Визначено, що існують розбіжності у бактеріологічних показниках річкової води, відібраної до випуску стічних вод, та річкової води, яку відбирали в місці викиду стоків після очисних споруджень. Так, середнє мікробне число річкової води до надходження у річку стоків коливається від 0,12 до 1,1 тис. мікробних тіл у 1 мл, коли-індекс 125-240, а після спуску стічних вод – від 1,5 до 13 тис. мікроорганізмів у 1 мл, а коли-індекс 855-1300. Представників патогенної мікрофлори та гельмінтів не було виявлено. Визначене підвищення показників у пробах річкової води вказує на необхідність обов'язкового проведення термічної обробки стічних вод з „брудної“ зони заводу перед потраплянням їх до очисних споруд. Отже, тільки за умов повноцінного функціонування всіх етапів системи очищення стоків можливо запобігти негативного впливу на екологічний стан водоймища.

З метою встановлення впливу стоків заводу на природні води (грунтові з колодязів та поверхневі з р. Мала Токмачка) проводилося вивчення хімічного складу води шахтних колодязів, розташованих нижче від потоку руху ґрунтових вод, в 600-800 м від очисних споруд та води з р. М. Токмачка, яку відбирали в місці, де здійснюються викиди води після проходження системи очищення, та у місці, розташованому на 300-500 м вище за течією. Результати хімічного дослідження надано у табл. 1.

Вода, яку відбирали в місці викидів з очисних споруд, містить більшу кількість нітритів, нітратів та сульфатів, ніж проби річкової води, яку відбирали вище викидів з очисних споруд, що обумовлено наявністю у стічних водах цих речовин навіть після про-

Таблиця 1 – Хімічні дослідження води шахтних колодязів та р. Мала Токмачка

Місце відбору проб	Показники			
	нітрити, мг/л	нітрати, мг/л	сульфати, мг/л	окиснюваність, мг/дм <sup>3</sup>
Шахтний колодязь №1 /до 800 м від очисних споруд/	0,06±0,02	5,1±0,6	8,23±0,15	4,0±0,2
Шахтний колодязь №2 /до 600 м від очисних споруд/	0,09±0,01	7,3±0,3	9,25±1,1	7,1±0,7
р. Мала Токмачка				
- в місці найменшої відстані від очисних споруд	0,15±0,05	9,0±0,6	10,5±1,6	8,0±1,0
- 300-500 м вище очисних споруд	0,02±0,01	2,5±0,4	8,0±0,7	6,0±0,4

ходження системи очищення, але всі досліджувані проби води за хімічним складом були у межах норми. Ґрунтові води з шахтних колодязів за хімічним складом також відповідали нормі.

Результати хімічного дослідження води з артезіанської свердловини ветсанутильзаводу та контрольних свердловин, розташованих на різній відстані від виробничої території, надано у табл.2.

Таблиця 2 – Результати хімічних досліджень води з артезіанських свердловин

Показники	Свердловина заводу	Контрольні свердловини			
		№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Запах у балах	1	1	1	1	1
pH	6,5 ± 0,5	6,1 ± 0,3	6,3 ± 0,1	6,0 ± 0,4	6,4 ± 0,2
Присмак у балах	1	1	1	1	1
Прозорість, мг/л	0,9 ± 0,3	1,0 ± 0,2	1,1 ± 0,1	0,9 ± 0,1	1,2 ± 0,05
Азот аміаку, мг/л	0,05 ± 0,01	0,03 ± 0,01	0,04 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,01 ± 0,01
Нітрати, мг/л	0,04 ± 0,01	0,02 ± 0,02	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,01	0,03 ± 0,01
Нітрити, мг/л	0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,03 ± 0,01	0,01 ± 0,01
Хлориди, мг/л	13 ± 0,7	15 ± 0,5	17 ± 0,2	16 ± 0,3	14 ± 0,6
Сульфати, мг/л	9,8 ± 0,7	10 ± 0,3	9,9 ± 0,6	10 ± 0,4	9,5 ± 0,8
Сухий залишок, мг/л	470 ± 30	490 ± 10	500 ± 20	480 ± 20	390 ± 50
Загальна жорсткість, мг. екв/л	5,1 ± 0,5	5,2 ± 0,3	5,0 ± 0,6	5,1 ± 0,4	5,3 ± 0,2

Дослідження хімічного складу води з артезіанських свердловин, яку відбирали з різних точок водоносного горизонту у теплий (липень-серпень), перехідний (квітень, жовтень) та холодний (січень-лютий) періоди року, показали, що за хімічними показниками всі проби характеризуються відносною сталістю, також не було виявлено негативного впливу роботи ветсанутильзаводу на хімічні показники води артезіанської свердловини, яка розташована найближче до ветсанутильзаводу.

Для визначення ефективності процесу очищення стоків ветсанутильзаводу проби стічних вод для хімічного аналізу відбирали до проходження через очисні споруди та після очищення стічних вод (табл.3).

Як видно з табл.3, система очищення стічних вод, яка застосовується на Токмацькому ветсанутильзаводі, забезпечує необхідний за нормами ступінь хімічного очищення стоків.

Таблиця 3 – Результати хімічних досліджень стічних вод

Показники	Місце відбору проб					
	До очищення	Після очищення	До очищення	Після очищення	До очищення	Після очищення
1	2	3	4	5	6	7
Запах у балах	5	2	5	1	5	2
pH	6,9±0,7	7,1±0,3	6,3±0,7	7,1±0,2	7,0±0,5	7,1±0,4
Прозорість, мг/л	4,9±1,5	27,3±1,8	4,5±0,4	30±0,1	5,0±0,9	28,6±2,1
Хлориди, мг/л	221,9±9,9	137,6±30,1	229,4±6,7	205,6±9,1	217,9±8,2	189,5±18,1
Сульфати, мг/л	313±0,5	245±0,3	319±0,5	269±0,3	316±0,5	253±0,3
Амоній, мг/л	25±7,4	5,9±2,3	28,9±2,3	4,3±1,8	31,7±1,3	7,7±3,3
Нітрати, мг/л	0,37±0,05	0,26±0,1	3,5±0,4	2,8±0,7	3,6±1,5	3,2±1,0
Нітрити, мг/л	0,13±0,05	0,06±0,02	0,29±0,1	0,05±0,02	0,16±0,02	0,03±0,01
Окиснюваність, мг/дм <sup>3</sup>	233,5±5,1	32,3±4,4	229,1±4,5	31,5±5,5	247±3,3	33,3±5,7
Біохімічна потреба у кисні (БПК <sub>5</sub> )	343,2±25	4,7±1	303,6±27	5,7±0,6	313,1±19	5,5±1,3
Зважені сполуки, мг/л	315,5±20	7,5±2	311,8±23	8,3±1	320±18,7	13,1±0,5
Залізо, мг/л	0,06±0,03	0,02±0,01	0,07±0,02	0,03±0,01	0,08±0,01	0,04±0,02

### Висновки.

1. Мікробне обсіменіння 1 г ґрунту території, яка прилягає до виробничої зони ветсанутильзаводу, а також колі-титр відрізняються від контрольних результатів, відсоток виявлення спорової мікрофлори складає 86,9±1,7% (сибірської виразки не виявлено). В цих пробах наявні сальмонели та ентеропатогенні типи кишкової палички.

2. Води водоносного горизонту не забруднені алохтонною патогенною мікрофлорою від такого потенційного джерела, як ветсанутильзагод. Вода, відібрана в місці викидів у річку стоків з очисних споруд ветсанутильзаводу, містить більшу кількість нітритів, нітратів та сульфатів, що обумовлено наявністю у стічних водах цих речовин навіть після проходження очисних споруд. Також відзначено підвищення середнього мікробного числа та колі-індексу у пробах річкової води, відібраної у місті випуску стоків.

3. Без урахування екологічної складової подальше зниження екодеструктивного впливу на довкілля від технологічного процесу утилізації трупної сировини на спеціалізованих підприємствах неможливе. Перед ветсанутильзаводами, які є передовими підприємствами з утилізації тваринних відходів, постає задача значного удосконалення організації виробничого процесу та технологій очищення стоків і викидів з метою підвищення рівня екологічної безпеки.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Утилизация павших животных / под ред. Л.А.Седова; пер. с нем. В.В.Цветкова. – М.: Колос, 1982. – 332с.
2. Троїцька О.О. Оцінка впливу процесу виробництва м'ясо-кісткового борошна та утилізації решток тварин на екологічний стан оточуючого середовища / Троїцька О.О. // Науковий вісник Львівської національної академії ветеринарної медицини ім. Гжицького. – Львів: ЛКТ ЛНАВМ. – 2006. – Том 8, №4 (31). Частина 1. – С.137-141.
3. Троїцька О.О. Екологічні аспекти проблеми утилізації трупної сировини тваринного походження / Троїцька О.О. // Науковий вісник Львівської національної академії ве-

- теринарної медицини ім. Гжицького. – Львів: ЛКТ ЛНАВМ. – 2007. – Том 9, №1 (32). – С.143-149.
4. Троїцька О.О. Удосконалений технологічний процес виробництва кормів тваринного походження / Троїцька О.О. // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТАУ. – 2009. – Вип. 9, том 1. – С.56-61.

Надійшла до редколегії 28.12.2015.

УДК 502.175+528.921

ГАЛАТА А.В., к.х.н., доцент  
ДРОЗДОВА А.Е., студентка

Дніпродзержинський державний технічний університет

## ДОСЛІДЖЕННЯ РАДІАЦІЙНОГО ФОНУ ТЕРИТОРІЇ „ЧЕРЕМУШКИ” ТА СТВОРЕННЯ ЕЛЕКТРОННИХ БАЗ ДАНИХ У ГІС

**Вступ.** Місто Дніпродзержинськ характеризується вкрай незадовільним екологічним станом внаслідок розташування на його території великої кількості підприємств та хвостосховищ відходів Придніпровського хімічного заводу із підвищеним вмістом природних радіонуклідів. Проведення радіоекологічного моніторингу селітебної частини міста із застосуванням сучасних методів є актуальною та своєчасною проблемою.

Досвід використання ГІС-технологій вітчизняними і закордонними фахівцями вказує на необхідність активного впровадження геоінформаційних систем в усі практичні сфери життєдіяльності людини, отже, і у сферу моніторингу якості навколишнього середовища. Дана робота є частиною систематичного дослідження радіаційного фону селітебної території міста Дніпродзержинськ із застосуванням ГІС-технології [1]. Робота у середовищі геоінформаційної системи ArcGIS-9 надає можливості розміщення, обробки і аналізу просторової інформації [2]. Вивчення складної радіаційної обстановки в межах урбоєкосистем потребує проведення спеціальних досліджень і створення дієвої системи радіаційного моніторингу на території районів міста із застосуванням сучасних технологій.

**Постановка задачі.** Метою роботи є проведення екологічного моніторингу житлових територій промислових міст на прикладі м. Дніпродзержинська. Радіоекологічний контроль території урбоєкосистем полягає у кількісній та якісній оцінці параметрів радіаційної ситуації, яка зумовлена наявністю природних і техногенних джерел радіації з метою оптимізації умов проживання і господарювання в міському середовищі.

**Результати роботи. Методи дослідження.** Радіоекологічний контроль рівня радіаційного фону території проводили за показниками потужності еквівалентної дози рентгенівського і гамма-випромінювання та щільності потоку бета-частинок із використанням радіометра-дозиметра РКС-01 „СТОРА-ТУ”. Дослідження проводили методом пішохідної гама-зйомки. Загальну площу досліджень, яка складає 2.5 км<sup>2</sup>, встановили з використанням програми ArcMap, представивши досліджувану частину як полігон. Для кожного об'єкта вимірювання проводили у трикратній повторності; для подальшої роботи з даними брали середнє значення дат. Об'єкти, в яких проводили вимірювання радіаційного фону, відмічали на паперовій карті району (М 1:50000), яку підготували з використанням ArcGIS 9. Ця карта містить назви вулиць і номери будинків, трамвайну та залізничну колії та т.п.

Проведено дослідження рівня гамма-фону у селітебній частині міста. Точкам вимірювання присвоєно порядкові номери. Всього проведено 714 вимірювань. На момент проведення досліджень на території пішохідною зйомкою було виявлено місця із підвищеним рівнем радіаційного фону за гамма-випромінюванням. Одержані результати з присвоєними їм порядковими номерами є основою створення електронної бази даних та карт у ГІС міста.



Дослідження радіаційного стану є одним з елементів моніторингу довкілля. Зараз в Україні знайшли широке використання ГІС-технології. З 1991 р. в Україні виникла ідея створення Національної ГІС (НГІС). Пізніше розвивається розробка ГІС регіонів, в основі якої знаходиться певна інформаційна база, яка є комплексним територіальним кадастром природних та соціально-економічних ресурсів.

Карти використовуються для відображення й передачі географічної інформації, а також для виконання різного рівня завдань, таких як розвинена компіляція даних, картографування, аналіз і моделювання.

Системи керування базами даних (СКБД) можуть бути різними (наприклад, SQL Server™, Oracle® і IBM® DB2®). Система керування базами даних – основа організованого збереження даних для наступного автоматичного аналізу комп'ютером. Як інструмент створення баз даних можна використовувати MS Excel і навіть MS Word.

Існують інші формати даних ГІС – шейп-файли, покриття та растри. Незалежно від формату дані ГІС завжди складаються з просторової та атрибутивної інформації.

Головна мета будь-якої тематичної карти – візуалізація важливих даних для даного регіону. Це визначається рівнем деталізації. Масштаб карти обмежує об'єм даних, які представлені на одному картографічному об'єкті. Саме масштаб визначає рівень генералізації об'єктів і їх точність місцезнаходження. Для роботи підготували вихідну карту території (М 1:50000) з урахуванням вимог масштабування для проведення екологічних досліджень районів міст [3].

В ArcMap географічні дані організовані по шарам. Для різних даних існують різні шари. Шар просторових об'єктів ArcMap може мати полігони, які відповідають типам ґрунтів, точки, що визначають об'єм біомаси, який виміряно в певних місцях, чи лінії, якими показані мережі. Вихідну карту створено у програмі ArcMap (рис.1). Ця карта містить включені атрибути, такі як автодороги, споруди, гідрологію.

### Карта району досліджень

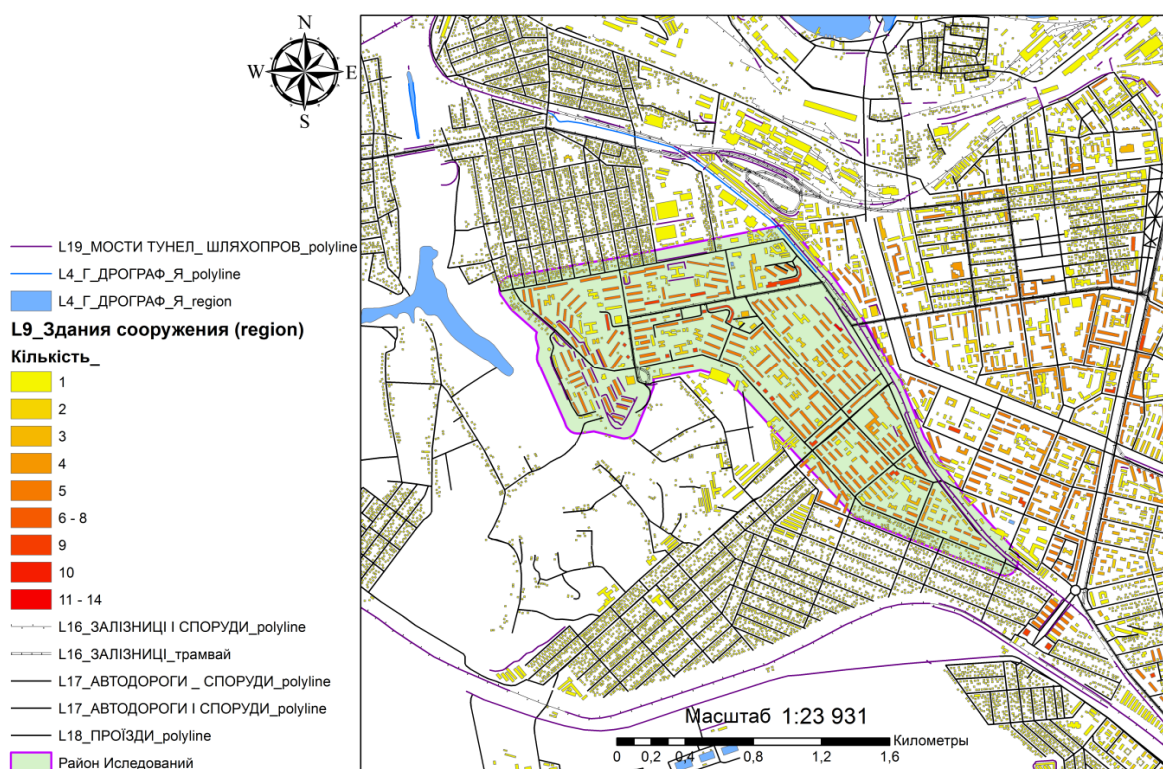


Рисунок 1 – Карта району „Черемушки” м. Дніпродзержинська

Дані ГІС, як і іншу інформацію, необхідно постійно оновлювати й редагувати. Тому бази геоданих були розроблені як транзакційні. Їх можуть редагувати багато користувачів, вони можуть бути великого розміру й підтримувати різні сценарії роботи з ГІС. Для проведення багаторазового редагування й дублювання даних ГІС потрібна модель довгих транзакцій, що підтримує процедури компіляції й обміну даними. Ми працювали у сеансах багаторазового редагування.

У модулі ArcMap за допомогою метода прив'язки створюємо карту рівня гамма-фону на території Черемушки. На карту району були нанесені об'єкти, що досліджувались, їм були присвоєні особисті номери, які є атрибутами даного об'єкта, котрі зберігаються в таблиці атрибутів. Кожен об'єкт потребує прив'язки до місцевості за допомогою географічних координат. Для цього необхідно провести прив'язку отриманих даних з наборами даних, які існують для міста Дніпродзержинська в ArcGIS. ArcMap пропонує два способи прив'язки табличних даних з географічними просторовими об'єктами: з'єднання і зв'язка. Ми використовували спосіб зв'язки і створили електронну базу даних рівня радіаційного фону для території району Черемушки в геоінформаційній системі міста.

Вибір способу відображення даних на карті є важливим рішенням, оскільки вибраний спосіб відображення визначає інформативність карти. Наступне завдання роботи полягає у візуалізації рівня радіаційного фону, яка проводиться методом градуированих значень (градація за діаметром точок або градація за інтенсивністю кольору). Нами було обрано спосіб масштабування символу зображення даних (за діаметром). Коли всі параметри задані, переходимо у вкладку „вид компоновки”, програма автоматично робить шаблон карти, додаємо легенду та стрілку півночі і створюємо карту, на якій більш високий показник гама-фону позначається великим символом, а більш менший, відповідно, маленьким (рис.2). За допомогою модуля ArcGIS Geostatistical Analyst створено карту радіаційного стану мікрорайону Черемушки м. Дніпродзержинська. Вона побудована з використанням 4 категорій градацій ознаки (рівень  $\gamma$ -фону) від 0,00 до 0,50 мкЗв/год.

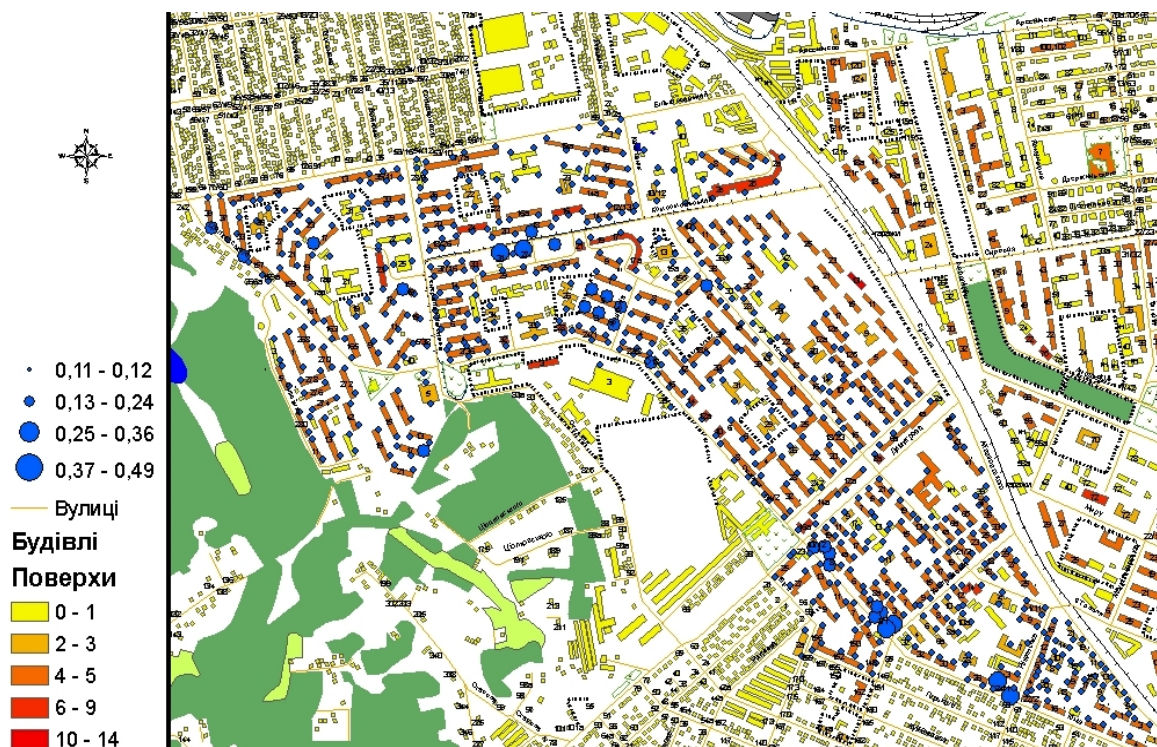


Рисунок 2 – Карта радіаційного стану району „Черемушки”

У 1997 р. Науково-технічний центр (НТЦ) „КОРО” (м. Жовті Води) провів додаткове детальне радіаційне обстеження території мікрорайону Черемушки площею 0,96 км<sup>2</sup>. Обстеженням встановлено, що основними джерелами радіоактивного забруднення є доменний шлак та інші продукти переробки залізних руд, що згідно з результатами радіометричних аналізів містили підвищені концентрації природних радіонуклідів, а за питомою альфа-активністю є радіоактивними відходами. Через безконтрольну техногенну діяльність ці радіоактивні відходи використовувалися в будівельних матеріалах, що призвело до радіоактивного забруднення деякої частини міської території.

Наступним завданням роботи є статистична обробка даних у модулі Geostatistical Analyst, в якому є інструменти для визначення закономірностей розподілу даних і побудови поверхонь на базі набору точкових даних. Для створення ГІС-даних і їх аналізу необхідно використовувати засоби геообробки, які доступні й в ArcView, і в ArcEditor. ArcInfo вважається основним робочим місцем для виконання геообробки, що активно використовує ГІС, оскільки в цьому продукті доступні найбільш розвинені інструменти геообробки. Якщо не задавати певні параметри, ми одержимо вид гістограми, яка побудована з автоматичним вибором параметрів. У цьому випадку на рисунку не відображається форма кривої нормального розподілу даних (крива Гаусса). У ручному режимі обираємо кількість інтервалів для наших даних і аналізуємо вид гістограми.

На рис.3 наведено результат статистичної обробки одержаного масиву даних вимірювань радіаційного фону району Черемушки. На гістограмі розподілу даних модульний клас варіант припадає на інтервал значень від 0,15 до 0,18 мкЗв/год. Визначено [4], що на території району Черемушки м. Дніпродзержинська середній рівень фону становить  $0,18 \pm 0,03$  мкЗв/год. Розподіл дат не повністю відповідає нормальному закону розподілу Гауса, виявляє незначну асиметрію розподілу дат. Було визначено антропогенне походження артефактів цієї сукупності даних.

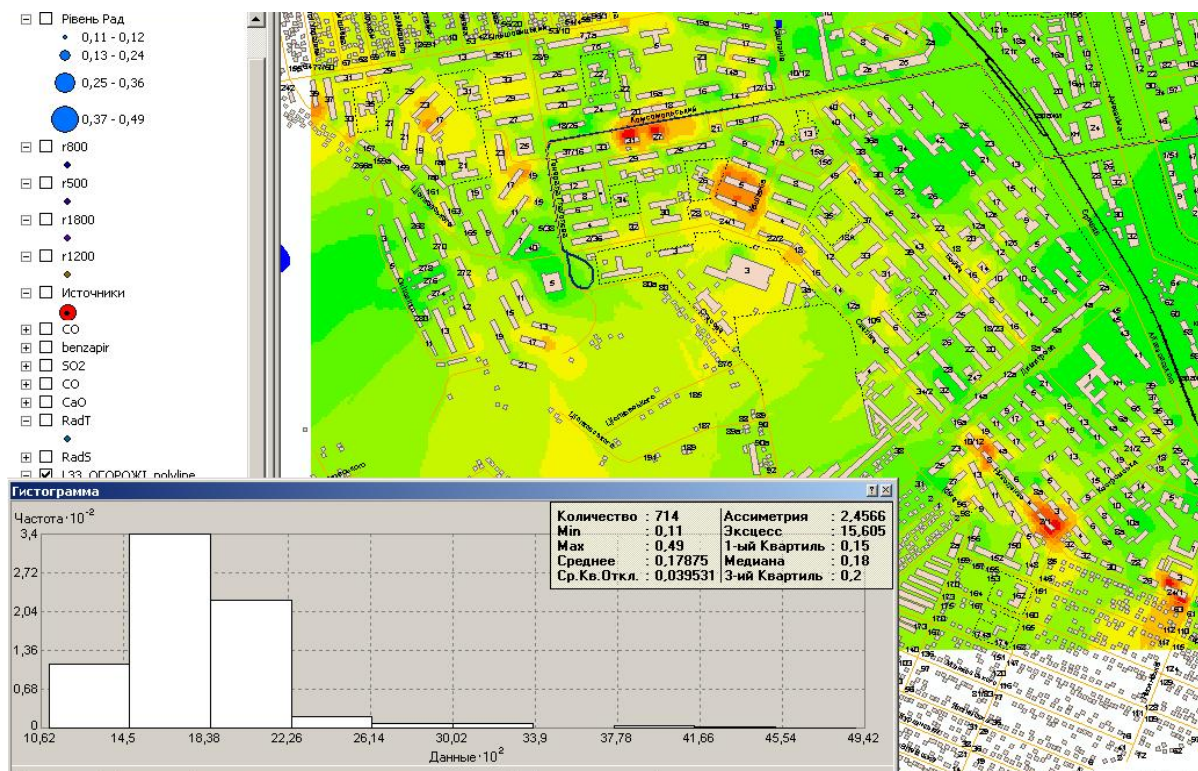


Рисунок 3 – Гістограма розподілу даних рівня  $\gamma$ -випромінювання на території „Черемушки”

ArcGIS 3D Analyst також надає розвинені ГІС-інструменти [5] для тривимірного моделювання, такі як розрахунок виїмок-насіпів, лінія обрію й побудову поверхонь. Заключним етапом обробки даних є моделювання процесу та побудова ймовірної моделі на базі реальних дат. Ми обрали роботу в програмі ArcInfo, яка містить багато додаткових модулів ArcGIS. Модуль ArcGIS Geostatistical Analyst надає інструменти геостатистики для аналізу й картування безупинно розподілених дат і побудови поверхонь на їхній основі, наприклад, методом ординарного кригінгу. Результати інтерполяції даних рівня гамма-фону також наведено на рис.3.

**Висновки.** У роботі проведено контроль рівня радіаційного фону території Черемушки на території площею 2,5 км<sup>2</sup>. Всього проведено 714 замірів радіації за показниками рівня гамма- і бета-випромінювання. Створено електронну базу даних для тематичного шару „Радіація” у ГІС міста. Створено карти радіаційного фону території за рівнем гамма- та бета-випромінювання. Проведено аналіз масиву даних із використанням можливостей модулю ArcGIS Geostatistical Analyst. У результаті досліджень встановлено, що середній рівень радіаційного фону території району складає  $0,018 \pm 0,03$  мкЗв/год., що згідно з вимогами норм радіаційної безпеки є безпечним для населення.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Галата А.В. Дослідження радіаційного стану м. Дніпродзержинська із застосуванням ГІС-технології / А.В.Галата, О.О.Карпенко, О.М.Швец // Збірник наукових праць ДДТУ (технічні науки). – Дніпродзержинськ: ДДТУ. – 2009. – Вип.3 (13). – С.146-153.
2. Хэрлоу М. ArcGis 9, ArcMap. Руководство пользователя / Хэрлоу М., Бут Б. [и др.]; пер. с англ. – М.: Дата +, 2001. – 546с.
3. Иванов С.А. Радиологические исследования: навч. посіб. / Иванов С.А. – Львів: Видавничий центр ЛНУ ім. І.Франка, 2004. – 149с.
4. Лакин В.М. Биометрия: учеб. пособ. для биол. спец. Вузов / Лакин В.М. – 4-е изд, перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1990. – 352с.
5. Де Мерс. Географические информационные системы. Основы / Де Мерс, Майкл Н.; пер. с англ. – М.: Дата +, 1999. – 489с.

*Надійшла до редколегії 10.05.2016.*

УДК 502.7:614.72

КАБИШ С.С., аспірант  
ВОЛОШИН М.Д., д.т.н., професор

Дніпродзержинський державний технічний університет

### ПОКРАЩЕННЯ СТАНУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ МІСТА КАМ'ЯНСЬКЕ В РАМКАХ ПРИЙНЯТИХ ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОГРАМ

**Вступ.** Активне зростання промисловості міста Дніпродзержинськ (сьогодні – м. Кам'янське) протягом минулих років зумовило набуття ряду екологічних проблем, які викликають серйозне занепокоєння у населення та міської влади. Сьогодні на одного мешканця міста припадає близько 407 кг шкідливих викидів в повітряне середовище.

З метою проведення ефективної й цілеспрямованої діяльності щодо організації й координації заходів з охорони навколишнього природного середовища та забезпечення умов екологічної безпеки виконавчими органами влади та керівництвом підприємств-забруднювачів міста розробляються й приймаються спеціальні екологічні програми. Головною метою даних програм є створення умов для екологічної безпеки в місті

Кам'янське на підставі покращення якості навколишнього середовища до норм, визначених вимогами законодавства, організації системи моніторингу довкілля, переходу до науково обґрунтованого поєднання екологічних, економічних та соціальних інтересів при господарюванні на території міста.

Очевидним є необхідність впровадження в місті сучасних технологій, у тому числі геоінформаційних [1], що призведе до зниження викидів в атмосферне повітря забруднюючих речовин, у тому числі і газів, що призводять до збільшення парникового ефекту. Звісно, впровадження інноваційних технологій або втілення проектів реконструкції на підприємствах-забруднювачах повітря супроводжується значними капітальними затратами. Але у XXI столітті понад усе стоїть поняття екологічної безпеки. Чистота атмосферного повітря – це наше здоров'я, наше життя, тож першочерговою задачею є зведення нанівець наслідків антропогенних навантажень на екосистему.

**Постановка задачі.** Визначити основні підприємства-забруднювачі атмосферного повітря міста Кам'янське, проаналізувати прийняті цими підприємствами програми по зменшенню викидів в атмосферу, а також зробити огляд діючих урядових програм щодо покращення екологічної ситуації міста з метою створення бази даних для надання рекомендацій з поліпшення стану атмосферного повітря м. Кам'янське. Визначити ефективність прийнятих програм щодо покращення екологічного стану атмосфери міста Кам'янське, аналізуючи динаміку забруднення повітря шкідливими речовинами за останні 6 років (2010 – 2015рр.), використовуючи дані Державної служби статистики України, Управління екології та природних ресурсів міської ради, Національної гідрометеорологічної служби України.

**Результати роботи.** Основними забруднювачами атмосферного повітря м. Кам'янське є наступні підприємства: ПАТ «Дніпровський металургійний комбінат ім. Дзержинського», ПАТ «ЄВРАЗ Південкокс» (до 1 травня 2016 року – ПАТ «ЄВРАЗ Баглійкокс»), ПАТ «ЄВРАЗ Дніпродзержинський коксохімічний завод», ПАТ «Дніпроазот». Від них в атмосферу надходить близько 97% забруднень. Шкідливі викиди в атмосферу міста надходять також від підприємств: ПАТ «Дніпровагонмаш», АТ «Дніпродзержинська теплоелектроцентрально», КВП ДМР «Міськводоканал», ПАТ «Хайдельберг Цемент Україна», ПАТ «Дніпровський завод мінеральних добрив», Металургійне підприємство «Дніпродзержинський сталеливарний завод», ПрАТ «Хімдивізіон», ДП «Смоли» та ДНВП «Цирконій».

Для покращення стану атмосферного повітря керівництво Дніпропетровської області та виконкому Дніпродзержинської міської ради активно розробляє та впроваджує для виконання спеціальні екологічні програми. У свою чергу підприємства-забруднювачі повітря вживають заходів для зменшення шкідливих викидів в атмосферу, бо невирішені екологічні проблеми являють собою серйозну загрозу повноцінному розвитку будь-якої території. В ході вивчення екологічних заходів, які були втілені останніми роками для покращення стану атмосферного повітря, визначено основні задачі впроваджених екологічних програм.

Так, у рамках Комплексної стратегії розвитку Дніпропетровщини [2] (2011-2015 рр.) стояло важливе завдання – зменшити до 2015 року шкідливі викиди в навколишнє середовище на 30%. Для цього в області була прийнята і діяла регіональна програма зі зменшення викидів на 25-ти великих підприємствах, на які припадало 97% всіх викидів регіону. У рамках програми на кожному підприємстві була розроблена ціла низка екологічних заходів, реалізація яких жорстко контролювалась обласною владою. У подальшому програма передбачала запровадження сучасних систем моніторингу стану довкілля.

Дніпродзержинською міською радою було прийнято програму виходу міста з екологічної кризи на 2011-2015 рр. [3]. Заходи Програми були направлені на вирішення

питань з поліпшення стану атмосферного повітря, поверхневих вод, іншого забруднення навколишнього природного середовища та охорони довкілля. Обсяг фінансування – понад 330 млн. грн. Згідно з документом вказані кошти на природоохоронні заходи зобов'язані були виділити промислові підприємства міста. Зокрема, Дніпровський меткомбінат ім. Держинського планував направити 233,8 млн. грн., «ЄВРАЗ Південкокс» – 35 млн. грн., «ЄВРАЗ Дніпродзержинський коксохімічний завод» – 500 тис. грн. Серед основних завдань програми були реконструкція агловиробництва з виведенням з експлуатації застарілого обладнання; оснащення сучасними очисними установками доменного виробництва ПАТ «ДМКД», впровадження комплексних природоохоронних заходів на коксохімічних підприємствах міста, розробка та впровадження автоматизованої системи комплексного моніторингу навколишнього середовища; збільшення площі зелених насаджень.

У 2014-2015 роках на ПАТ «Дніпровський металургійний комбінат ім. Держинського» виконано заходи із досягнення ГДК у сортопрокатному цеху – стан «350»; цех оснащено водооборотним циклом, впроваджувалась система екологічного моніторингу (монтаж було виконано, велись роботи з наладки).

На ПАТ «ЄВРАЗ Південкокс» здійснена реконструкція хімводопідготовки теплоелектроцентралей. Завдяки відразу декільком ступеням очищення води різко знижені викиди в річку Суха Сура, підприємство фактично перейшло на замкнутий водний цикл. У 2014 році викиди підприємства в атмосферу були зменшені на 5%.

На ПАТ «ЄВРАЗ Дніпродзержинський КХЗ» введено сучасну систему очищення коксового газу від сірководню. У результаті удвічі зменшено викид сірководню в атмосферу – на 240 тон на рік. Зараз на підприємстві продовжується будівництво сучасного комплексу з упровадження нової схеми охолодження коксового газу. Це дозволить більш ніж на 20% (на 214 тон на рік) зменшити викид підприємством дуже шкідливих речовин важкої хімії – аміаку, ціаністого водню, сірководню, бензолних вуглеводів, нафталіну та інших.

На сьогодні в ПАТ «ДМКД» погоджено проект будівництва «під ключ» комплексу аспірації хвостових частин агломераційних машин. Реалізація проекту дозволить скоротити викиди аглофабрики майже на 70%. Атмосфера буде очищена від дрібнодисперсного пилу (менше 0,5 мм) – найбільш небезпечної фракції пилових викидів. Уловлений пил повертатимуть у виробництво, економлячи виробничі ресурси. При цьому не знизиться обсяг виробництва та будуть збережені робочі місця. Витрата коксу знизиться на 11 кг на тонну продукції. Реконструкція передбачає зниження викидів аглофабрики ДМКД в атмосферу на 26 тисяч тон на рік. Орієнтовні терміни реконструкції – до 2018 року. Вартість – 46 мільйонів євро. 15 мільйонів комбінат вже витратив у 2015 році.

У 2016 році прийнята обласна програма екологічної безпеки та запобігання зміни клімату на 2016-2025 роки [4, 5], згідно з якою планується зменшити шкідливі викиди в області на 30%. Програма передбачає інвестування в екологію регіону більше 30 млрд. гривень. Це перша програма, яка має чіткі показники та науково обґрунтовані шляхи їх досягнення. 25 підприємств – найбільших забруднювачів регіону – беруть на себе відповідальність за цей час на третину знизити кількість викидів. У процесі реалізації програми вперше в Україні запущена у пілотному режимі публічна система екологічного моніторингу. Так, на спеціальний сайт [6] надходить інформація з 15 постів екологічного спостереження, розташованих у Дніпрі, Кам'янському та Кривому Розі. Тож, кожен мешканець регіону може зайти на інтернет-ресурс і побачити дані про стан атмосферного повітря і речовини, які його забруднюють. Результати спостережень передаються на сайт раз на кілька днів. У цифрах показаний індекс забруднення атмосфери (ІЗА). Цифри розшифровуються статусами від «дуже низького ІЗА» до «дуже високого». Зараз у всіх трьох містах показники високі. Програма передбачає установку дат-

чиків екомоніторингу на всіх найбільших підприємствах-забруднювачах Дніпропетровщини. Невдовзі карта на сайті стане більш детальною. Кожен зможе побачити, який саме завод і чим саме забруднює повітря. Зараз датчики є на таких підприємствах: ПАТ «ДМКД», «Нікопольський завод феросплавів», «Арселорміттал Кривий Ріг», «ЄВРАЗ Дніпродзержинський коксохімічний завод». Власна система екологічного моніторингу створюється на ПАТ «ЄВРАЗ Південкокс», комунальному виробничому підприємстві Дніпродзержинської міської ради «Міськводоканал».

Про успіх чи провал екологічних програм можна судити за статистичними даними, тож звернемось до них та розглянемо динаміку викидів в атмосферне повітря.

Згідно з даними Державної служби статистики України [7] динаміку валових викидів забруднюючих речовин в атмосферу від стаціонарних джерел у місті Кам'янське за останні 6 років наведено у табл.1.

Таблиця 1 – Динаміка викидів в атмосферу м. Кам'янського

Рік спостереження	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Викиди забруднюючих речовин у м. Кам'янському, тисяч тон	108,5	124,7	116,4	115,5	105,0	101,0

Дані табл.1 свідчать про ефективність екологічних заходів, які впроваджуються на підприємствах міста – в наявності планове зменшення обсягів викидів шкідливих речовин.

За даними спостережень Національної гідрометеорологічної служби України [8] у 2015 р. Дніпродзержинськ зайняв третє місце серед 15 міст України з найбільшим рівнем забруднення атмосферного повітря після Кривого Рогу та Херсону. Високий рівень забруднення атмосферного повітря вказаних міст був обумовлений здебільшого підвищеним вмістом специфічних шкідливих речовин (табл.2).

Таблиця 2 – Перелік забруднюючих речовин, вміст яких в атмосферному повітрі Дніпродзержинська зумовив найбільше забруднення за середньорічними концентраціями (у кратності ГДК) [8, 9]

Речовина	Перевищення за середньорічним вмістом			
	2012 рік	2013 рік	2014 рік	2015 рік
Завислі речовини (пил)	2,0	2,7	2,4	2,8
Оксид вуглецю	-	-	-	1,0
Діоксид азоту	2,0	2,0	2,0	-
Сірководень	0,006 мг/м <sup>3</sup>	0,007 мг/м <sup>3</sup>	0,006 мг/м <sup>3</sup>	0,006 мг/м <sup>3</sup>
Фенол	2,3	2,7	2,7	2,3
Аміак	1,5	1,8	1,3	1,3
Формальдегід	3,7	3,7	3,0	3,0

Середній індекс забруднення атмосферного повітря (ІЗА) у м. Дніпродзержинську у 2015 році склав 14,6 (оцінюється як високий). Порівняно з попереднім роком він знизився на 17% (у 2014 році середній ІЗА становив 16,9) за рахунок зменшення середньорічного вмісту діоксиду азоту та фенолу. Поряд з цим зафіксовано незначне підвищення середньорічного вмісту завислих речовин та оксиду вуглецю.

**Висновки.** 1. Визначено, що за період 2010-2015 років викиди забруднюючих речовин в атмосферу від промислових підприємств та транспорту м. Кам'янського поступово зменшуються. Це пов'язано з ефективністю запропонованих місцевими органами виконавчої влади та органами місцевого самоврядування екологічних програм, а

також заходів щодо зменшення шкідливих викидів в атмосферу, впроваджених на підприємствах міста.

2. Показано, що в атмосферному повітрі м. Кам'янського концентрації деяких шкідливих речовин перевищують гранично допустимі, а саме: завислі речовини, оксид вуглецю, сірководень, фенол, аміак. Індекс забруднення атмосферного повітря м. Кам'янського оцінюється як високий.

3. Необхідним є вдосконалення системи екологічного моніторингу для отримання систематичної та оперативної інформації про стан атмосферного повітря м. Кам'янського. І хоча останніми роками зроблено немало, для подальшого покращення і стабілізації екологічного стану атмосферного повітря необхідно активно діяти та шукати нові рішення екологічних та економічних проблем.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Моніторинг навколишнього середовища у м. Дніпродзержинську з використанням геоінформаційних технологій / Непошивайленко Н.О., Зберовський О.В., Карпенко О.О. [та ін.] // III Всеукр. з'їзд екологів з міжнародною участю: зб. наук. статей. – Вінниця, 2011. – Том.1. – С.187-191.
2. Комплексна стратегія розвитку Дніпропетровської області на період до 2015 року: рішення Дніпропетровської обласної ради № 132-7/VI від 24 червня 2011 року.
3. Про виконання Програми виходу з екологічної кризи м. Дніпродзержинська на 2011-2015 роки: рішення виконкому Дніпродзержинської міської ради №138 від 25.05.2016 року.
4. Дніпропетровська обласна комплексна програма (стратегія) екологічної безпеки та запобігання змінам клімату на 2016-2025 роки: рішення Дніпропетровської обласної ради № 680-34/VI від 21 жовтня 2015 року.
5. Про погодження проекту змін до Дніпропетровської обласної комплексної програми (стратегії) екологічної безпеки та запобігання змінам клімату на 2016-2025 роки: розпорядження голови Дніпропетровської обласної державної адміністрації № Р-124/0/3-16 від 24.03.2016 року.
6. Веб-сайт <http://есо.dp.gov.ua/> (якість атмосферного повітря у Дніпропетровській області в режимі онлайн).
7. Викиди забруднюючих речовин та парникових газів у атмосферне повітря від стаціонарних джерел забруднення у 2015 році (остаточні дані) // Державна служба статистики України: статистичний бюлетень. – К., 2016. – 34с.
8. Огляд про стан забруднення навколишнього природного середовища на території України за даними спостережень гідрометеорологічних організацій у 2015 році // Центральна геофізична обсерваторія. – К., 2016. – 41с.
9. Огляд про стан забруднення навколишнього природного середовища на території України за даними спостережень гідрометеорологічних організацій у 2014 році – Центральна геофізична обсерваторія. – К., 2014. – 35с.

*Надійшла до редколегії 11.05.2016.*