

## РОЗДІЛ «БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ»

УДК 65.012.8.628

КУРІС Ю.В., д.т.н., професор  
МАТЯШЕВА О.Б., аспірант  
БСЛОКОНЬ К.В., к.т.н., доцент  
КОЖЕМЯКІН Г.Б., к.т.н., доцент

Запорізька державна інженерна академія

### ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ АВТОТРАНСПОРТУ НА ШУМОВУ БЕЗПЕКУ МІСТА В СТАЛОМУ РОЗВИТКУ УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ

**Вступ.** У сучасного урбанізованого довкілля спостерігається тенденція збільшення екологічної напруги внаслідок зростання технічного оснащення, інтенсифікації використання міських територій і розвитку мережі транспортного комплексу. Транспорт – один з найважливіших компонентів суспільного і економічного розвитку, який поглинає значну кількість ресурсів і серйозно впливає на навколишнє середовище. Послуги транспорту відіграють важливу роль в економіці і повсякденному житті людей. Використання практично всіх видів транспорту зростає і за обсягом перевезених вантажів, і за кількістю тонно-кілометрів, і за кількістю перевезених пасажирів. Істотна також роль транспорту і забрудненні водних об'єктів. Крім того, транспорт є одним з основних джерел шуму в містах і вносить значний вклад в теплове забруднення навколишнього середовища [1].

**Постановка задачі.** Метою даної роботи є дослідження впливу автомобільного транспорту на навколишнє середовище м. Запоріжжя, оцінка акустичного середовища і стану міста на сучасному етапі його розвитку. Для досягнення цієї мети проведено заміри рівня шумового забруднення, проаналізовано просторово-розподільну інформацію про джерела шумового забруднення міста, а також намічено основні шляхи усунення шумового дискомфорту.

**Результати роботи.** Місто, будучи штучно-природною системою, урбанізованим середовищем життєдіяльності людини, складається з субсистем – природної та антропогенної, що тісно пов'язані між собою і знаходяться в нерозривній взаємодії, беруть участь у формуванні міського середовища, яке як складова частина навколишнього середовища є поєднанням штучно створених елементів та умов життя, культурного середовища і елементів природних. В якості основного чинника при оцінці середовища життя виділяють стан навколишнього середовища. З переходом на шлях сталого розвитку міст змінився підхід до оцінки якості міського середовища, яка стала залежати від ступеня стійкості розвитку міста [1, 2].

Проблема збільшення автотранспорту є гострою в сучасному світі, і на її рішення витрачається величезна кількість коштів, а також створюються і удосконалюються різні методики, що визначають більш ефективно вкладення грошей, кінцевою метою якого є мінімізація негативного впливу. Як правило, основним місцем утворення викидів від автотранспорту вважаються автомагістралі та інші важливі шляхи сполучення, які припускають величезне скупчення машин, через що утворюються затори і пробки.

Запорізька область має розвинену транспортну систему. Мережа шосейних доріг довжиною 6683,0 км зв'язує всі населені пункти області. Через територію регіону проходить ряд стратегічних трас, таких як: Одеса-Мелітополь-Новоазовськ, Харків-Сімферополь-Севастополь, Бориспіль-Дніпро-Запоріжжя. Важливою складовою частиною виробничої інфраструктури м. Запоріжжя, яка забезпечує життєдіяльність суспільства у виробничих сферах, є транспорт загального користування. До складу пасажир-

ського транспорту м. Запоріжжя входять електричний, автомобільний та річковий. Обсяги транспортних перевезень наведено в табл.1. Довжина маршрутів електротранспорту в місті становить: 203,7 км трамвайних; 233,5 км тролейбусних. Довжина автобусних маршрутів коливається в середньому від 10,0 до 30,0 км, а декількох – і до 55,0 км. За підсумками звітного року на території Запорізької області зареєстровано 428871 транспортних засобів [3].

Таблиця 1 – Обсяги транспортних перевезень за 2016 рік

Вид транспорту	Перевезено вантажів		Перевезено пасажирів	
	млн.т	% до попереднього року	млн.	% до попереднього року
Залізничний	14,3	98,2	17,5	103,1
Автомобільний	28,5	90,7	66,6	87,9
Водний	0,4	68,9	0,1	124,8
Авіаційний	0,0	114,1	0,0	134,8
Міський електротранспорт	-	-	61,2	100,2
Всього	43,2	92,8	145,4	94,5

Екологічна безпека автомобільного транспорту є складовою частиною екологічної безпеки держави. Щодо екологічної шкоди, автотранспорт лідирує у всіх видах негативного впливу: забруднення повітря – 95%, шум – 49,5%; вплив на клімат – 68%. Автомобільний транспорт у процесі функціонування викидає з відпрацьованими газами токсичні речовини, створює високий рівень шуму, забруднює ґрунти та водойми в результаті змиву та протоку паливо-мастильних матеріалів, що спричиняє утворення пилу та інших забруднюючих речовин, які здійснюють несприятливу дію на навколишнє природне середовище та безпосередньо на людину (рис.1) [4-6].

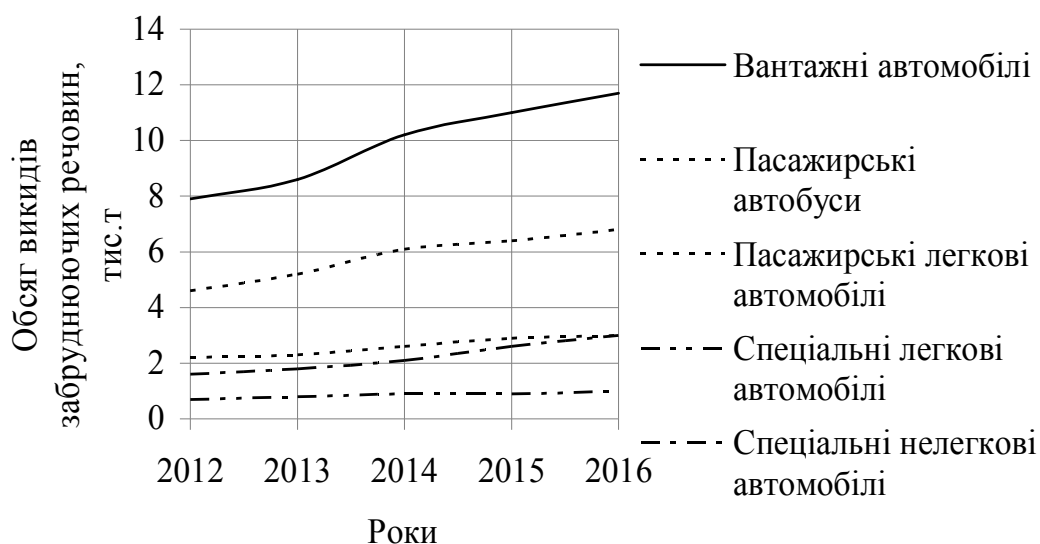


Рисунок 1 – Динаміка викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від окремих видів автотранспорту підприємств області

У сфері забезпечення екологічної безпеки істотне місце відводиться вирішенню питання захисту населення від впливу шуму.

Відсутність тиші – одна з головних проблем міських жителів.

На сучасному етапі шум – лідируючий фактор шкідливого впливу цивілізації на навколишнє середовище, він є небезпечним, причому більшою мірою, ніж забруднення повітря або води [7].

Відомо, що шум як постійний компонент урбанізованого середовища відносять до найбільш агресивних техногенних факторів, так як він володіє емісійною сферою, тривалим часом впливу, важко екранується. Гострота цієї проблеми рік у рік зростає (в місті інтенсивність шуму кожні 25-30 років зростає приблизно в 10 разів, тобто на 10 дБ), тому вивчення умов утворення шуму і пошук шляхів боротьби з ним стають все більш актуальними [8].

Цілями дослідної роботи є аналіз шумового забруднення міста та оцінка ефективності заходів по боротьбі з ним.

У ході роботи використано портативний шумомір SL-50, призначений для вимірювань рівня шуму в житлових і виробничих приміщеннях, а також поза приміщеннями для контрольних замірів джерел шуму або для простих вимірів шуму середовища.

У ході дослідження проведено оцінку рівня шумового забруднення на території м. Запоріжжя. Домінуючим за інтенсивністю шуму на всіх магістралях м. Запоріжжя є міський транспорт. Рівень вуличного транспортного шуму визначається інтенсивністю, швидкістю і характером транспортного потоку, він також залежить від існуючих архітектурних рішень (профіль вулиць, висота і щільність забудови, покриття проїжджої частини, наявність зелених насаджень). Кожен з цих факторів може змінити рівень транспортного шуму в межах до 10 дБ.

На першому етапі роботи визначено точки для замірів рівня шуму. Всього було обрано 60 точок. Крім рівня шуму, в даних точках визначалася інтенсивність транспортного потоку, тобто кількість транспортних засобів, що рухаються в протягом встановленого інтервалу часу (15 хв.) на певній ділянці дороги. Кожну точку вимірювали 3 рази на день: о 6-9 год. ранку, 12-15 год. дня і 18-21 год. вечора. Більш високі показники шуму відзначено на магістральних вулицях і місцях їх перетину (рис.2).

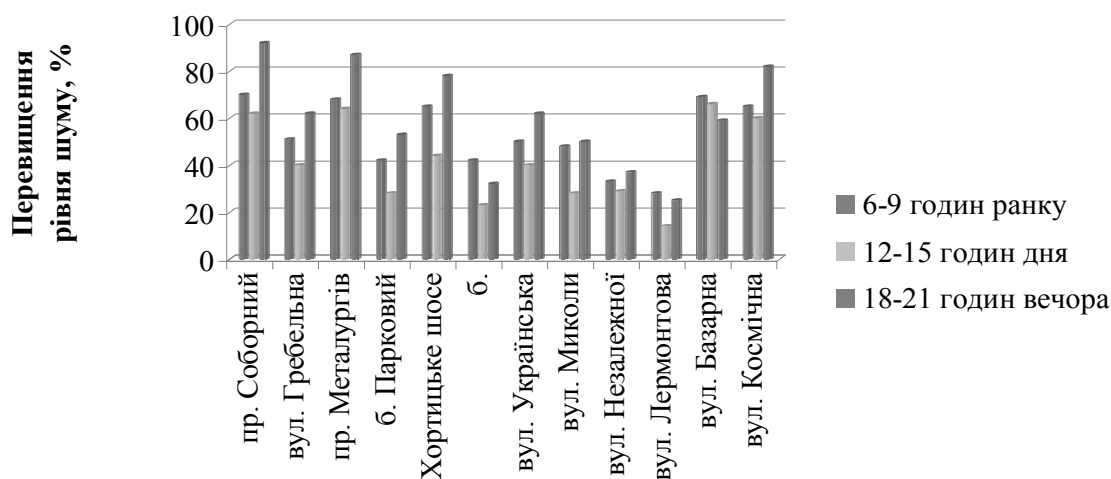


Рисунок 2 – Перевищення рівня шуму в різний час доби в м. Запоріжжя

Найбільше перевищення нормативів шуму відзначається на таких ділянках:

- проспект Соборний;
- вулиця Гребельна;

- проспект Металургів;
- бульвар Парковий;
- Хортицьке шосе;
- бульвар Б.Хмельницького;
- вулиця Українська;
- вулиця Миколи Ласточкина;
- вулиця Незалежної України;
- вулиця Лермонтова;
- вулиця Базарна;
- вулиця Космічна (район автовокзалу).

Величина допустимого еквівалентного рівня звуку приймається за вимогами санітарних норм і дорівнює 55 дБА [8].

За результатами досліджень на 60% території міста Запоріжжя присутній наднормативний рівень шуму від різних джерел. Розкид показників склав від 55 до 110 дБА. Якщо взяти загальну кількість досліджень за 100%, то в 79,3% рівень шуму перевищує допустимий рівень та дорівнює 70 дБА.

Величина перевищень доходить до 20-25 дБА на територіях поблизу автотрас; 10-20 дБА – поблизу залізниць при русі поїздів. Нормативні рівні шуму досягаються в глибині житлових масивів та лісопаркових зон.

Найбільш об'єктивну оцінку шумового режиму житлової забудови можна дати їхніми картами шуму. Одним з критеріїв, які дозволяють провести аналіз шумового режиму, є показник населення в зоні акустичного дискомфорту.

Для визначення показника населення в зоні акустичного дискомфорту були побудовані карти шуму житлових забудов розміром 250×250 м з різною лінійною щільністю забудови (від 20,1% до 90,4%) для різних контактних-стиків зон і визначено кількість населення в зоні шумового забруднення.

Результати досліджень показника населення в зоні акустичного дискомфорту для різних забудов при різних рівнях шуму і контактних-стиків зон представлено в табл.2-4.

Таблиця 2 – Показник населення в зоні акустичного дискомфорту (%) при лінійній щільності забудови 20,1% (торцева забудова)

Торцева забудова		Відстань, м			
		11	25	64	135
Рівень шуму на вулиці	80 дБА	92,3	72,8	70,1	62,8
	75 дБА	62,0	43,5	32,0	3,6
	70 дБА	32,5	15,6	3,6	0
	65 дБА	12,4	3,9	0	0
	60 дБА	3,9	0	0	0

Таблиця 3 – Показник населення в зоні акустичного дискомфорту (%) при лінійній щільності забудови 70,2% (рядова забудова)

Торцева забудова		Відстань, м			
		11	25	64	135
Рівень шуму на вулиці	80 дБА	39,8	34,6	28,6	27,8
	75 дБА	28,4	28,3	22,4	11,3
	70 дБА	19,8	16,8	11,3	0
	65 дБА	14,2	10,5	0	0
	60 дБА	10,5	0	0	0

Таблиця 4 – Показник населення в зоні акустичного дискомфорту (%) при лінійній щільності забудови 82,6% (рядова, найбільш типова забудова)

Торцева забудова		Відстань, м			
		11	25	64	135
Рівень шуму на вулиці	80 дБА	48,8	38,3	32,6	26,0
	75 дБА	32,5	30,3	22,7	7,2
	70 дБА	23,4	16,5	6,9	0
	65 дБА	8,7	5,4	0	0
	60 дБА	7,2	0	0	0

Наведені дані дозволили отримати залежності населення в зоні акустичного дискомфорту від величини контактної-стикової зони і можуть бути використані при складанні експрес-методики оцінки територій багатоповерхової житлової забудови за фактором шумового забруднення від автотранспорту.

Таким чином, населення міста Запоріжжя піддається значному шумовому впливу, перевищуючи допустимий рівень, що може негативно впливати на здоров'я громадян.

Міський шум можна віднести до причин виникнення гіпертонічної хвороби, ішемічної хвороби серця. Постійний вплив шуму (більше 80 дБ) призводить до гастриту і виразкової хвороби шлунка. Негативний вплив шуму позначається не тільки на серцево-судинній системі, а й на моториці кишечника, різних обмінних процесах і, що вкрай важливо, на імунітеті (зокрема, вироблення антитіл для боротьби з різного роду інфекціями). Особливо небезпечно, що шум, знижуючи поріг чутливості нервових клітин в денний час, веде до порушення сну, а в нічні години він завдає здоров'ю людини непоправної шкоди.

**Висновки.** 1. Встановлено, що міський шум досягає високого рівня і внаслідок свого низькочастотного характеру може розповсюджуватися далеко за межі магістральних вулиць, легко долаючи будь-яку перешкоду.

2. Результати досліджень свідчать про те, що проблеми зниження шуму міського середовища транспортними потоками повинні бути спрямовані як на уточнення і деталізацію розроблених принципів визначення ефективності шумозахисних заходів, так і на комплексне вивчення питань ефективності заходів з оптимізації режимів руху транспортних потоків, що забезпечують зниження токсичних викидів, шуму, вібрації та інших негативних наслідків розвитку автомобілізації.

3. Основними напрямками діяльності зі зниження шумового впливу від автотранспорту повинні стати:

- розробка заходів, що мають шумознижуючий ефект, при розробці міських програм та схем розвитку транспортних систем міста Запоріжжя, а також при розробці цільових міських програм, в яких порушуються питання, пов'язані зі зміною шумового режиму;

- розробка і реалізація заходів щодо захисту від наднормативного шумового впливу державних об'єктів соціальної сфери та закладів освіти міста;

- впровадження застосування шумознижуючого дорожнього покриття при проведенні будівництва, реконструкції та капітального ремонту доріг в місті;

- забезпечення впровадження сучасних шумозахисних технологій у дорожньо-мостовому будівництві;

- застосування в будівлях, що виходять на найбільш жваві магістралі, нових шумопоглинаючих матеріалів, вертикального озеленення будинків і подвійного скління вікон (з одночасним застосуванням примусової вентиляції);

- розподілення території міста на зони, які потребують екстреної допомоги по боротьбі зі звуковим забрудненням. Ці зони дозволили б вибрати оптимальний метод захис-

ту від шуму на тій чи іншій території. Встановлення шумопоглинаючих екранів вздовж автодоріг і, по можливості, відокремлення транспортних магістралей від будівель шкіл, дитячих садків і медичних установ.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Войцицький А.П. Нормування антропогенного навантаження на природне середовище: навч. посіб. / А.П.Войцицький, С.В.Скрипниченко. – Житомир: ЖТДУ, 2007. – 201с.
2. Автомобільний транспорт як джерело забруднення атмосферного повітря м. Запоріжжя / К.В.Белоконь, В.Г.Рижков, Г.Б.Кожемякін, С.В.Гаген // Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення: V Міжнар. наук.-практ. конф., 7-10 жовтня 2009 р.: матеріали. – Харків: УкрНДІЕП, 2009. – Т. 2. – С.248-252.
3. Твоє майбутнє – земля за порогами. – КП «ЗМД «Дніпровський металург», 2015 – 301с.
4. Свіркін Д.О. Екологічна небезпека стічних вод підприємств енергетично-металургійної промисловості Запорізького регіону / Д.О.Свіркін, О.Б.Матяшева, Ю.В.Куріс // Енергетика та електрифікація. – 2015. – №5. – С.39-43.
5. Белоконь К.В. Аналіз екологічної безпеки викидів автотранспорту міста Запоріжжя / К.В.Белоконь, Т.В.Шкляр // Теорія та практика вирішення екологічних проблем в металургійній та гірничо-видобувній промисловості: VI Міжнар. наук.-практ. конф., 13-14 грудня 2013 р.: тези доповідей. – Дніпропетровськ: НМетАУ, 2013. – С.75-76.
6. Белоконь К.В. Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря міста Запоріжжя викидами автотранспорту / К.В. Белоконь // Збірник наукових праць Дніпродзержинського державного технічного університету (технічні науки). – Дніпродзержинськ: ДДТУ. – 2015. – Випуск 2(27). – С.200-205.
7. Клименко М.О. Моніторинг довкілля / М.О. Клименко. – К.: Видавничий центр «Академія», 2006. – 360с.
8. Иванов Н.И. Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом: учебник / Иванов Н.И. – М.: Университетская книга, Логос, 2008. – 424с.

*Надійшла до редколегії 23.05.2017.*

УДК 502.7

ЛЕВЧУК К.О., к.е.н, доцент  
МАРЧЕНКО О., студент

Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське

### **ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТОВИХ ВОД УКРАЇНИ**

**Вступ.** В умовах науково-технічного прогресу значно ускладнились взаємовідносини суспільства з природою. Людина отримала можливість впливати на хід природних процесів, підкорила сили природи, почала опановувати майже всі доступні відновні і невідновні природні ресурси, але разом з тим забруднювати і руйнувати навколишнє середовище.

Під забрудненням навколишнього середовища розуміють надходження в біосферу будь-яких твердих, рідких і газоподібних речовин або видів енергії (теплоти, звуку, радіоактивності) у кількості, що шкідливо впливають на людину, тварин і рослини як безпосередньо, так і непрямим шляхом.

Об'єктами забруднення є основні компоненти екотону: а) атмосфера; б) вода; в) ґрунт.

Забруднення води – серйозна екологічна проблема, яка відноситься не тільки до наземних рік, озер та морів, але також і підземних вод.

Підземні води поділяють за характером залягання та напором на: а) води зони аерації; б) ґрунтові води; в) міжпластові безнапірні; в) міжпластові напірні (артезіанські) води; д) джерела або ключі.

**Постановка задачі.** Мета даної роботи полягає в тому, щоб з'ясувати, як втручання людини у природні процеси призводить до різкого зростання забруднення підземних вод, зокрема, ґрунтових.

**Результати роботи.** Ґрунтові води – це води, що залягають на відносно невеликій глибині від поверхні на першому водотривкому пласті. Вони можуть мати значні запаси води і менше, ніж води зони аерації, залежать від атмосферних опадів, менше забруднюються з поверхні, і можуть бути надійним джерелом водопостачання.

Вода – універсальний розчинник. Тому, проходячи певний шлях, вона забирає шкідливі речовини з повітря, водою та ґрунту з різних джерел (рис.1).

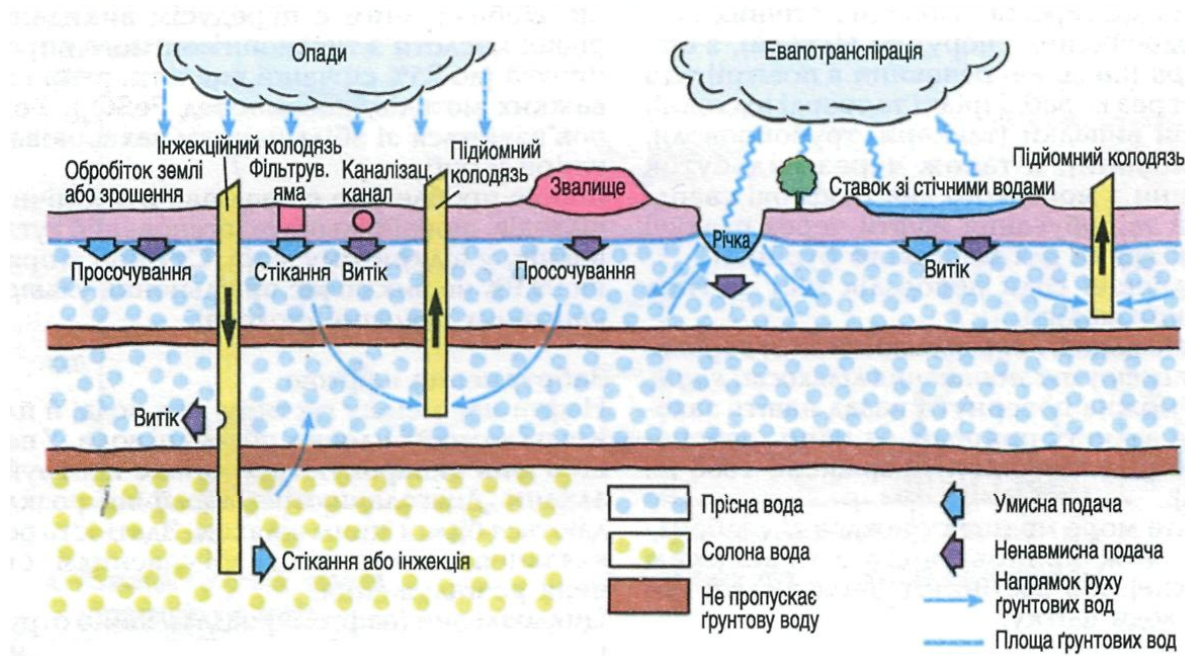


Рисунок 1 – Транспортні шляхи забруднення ґрунтових вод

Ґрунт є бар'єром від забруднень акваторій, що забезпечується його здатністю до сорбції. Основний прояв даної функції ґрунтів полягає в тому, що ґрунт завдяки своїй величезній активності поверхні в змозі поглинати багато шкідливих сполук на шляху їх міграції у водні екосистеми, а також знижувати надмірне надходження біогенних елементів. Проте ґрунт в результаті значного забруднення вже не справляється зі сорбційною функцією. Крім того, після фільтрування у верхніх шарах ґрунтові води проникають в більш глибокі шари, де очищення від забруднень вже не відбувається. Будучи одного разу забрудненими, водоносні горизонти можуть залишатися в такому стані сотнями і навіть тисячами літ.

Суттєвими джерелами забруднення мікроорганізмами ґрунтових вод є: стоки лікарень, лазень, пральних, деяких видів підприємств харчової промисловості. Забруднення ґрунтового потоку може бути спричинено також звалищами, полями заорювання і асенацій, скотними дворами, гноєсховищами, скотомогильниками.

Тільки на території м. Кам'янського більше 75 млн. тонн промислових відходів. Вони десятиріччями складувалися в основному безпосередньо поблизу річки Дніпро, посилюючи небезпеку її забруднення. Ці відходи розташовані в основному на території підприємств, в накопичувачах, відвалах і представлені шлаками та шламами металургійного виробництва, відходами виробництва міндобриव, кам'яновугільними фусами, шламами каналізації, горілими землями, ломом вогнетривких матеріалів та відходами збагачення урану. Більшість відходів містять токсичні речовини різних класів небезпеки.

Найбільші обсяги утворення відходів припадають на великі підприємства. Щороку в місті утворюється більше 3,3 млн. тонн промислових відходів, з яких 114 тис. тонн є токсичними.

Просочуючись крізь шари цих захоронених відходів як у промисловому, так і побутовому секторах, дощова (тала) вода «збагачується» різними хімічними речовинами, які утворюються у процесі розкладання сміття. Така вода з розчиненими у ній забруднювачами називається фільтратом.

Коли вода проходить крізь необроблені відходи, утворюється особливо токсичний (отруйний) фільтрат, у якому поряд з органічними рештками наявні залізо, ртуть, цинк, свинець та інші метали з консервних бляшанок, батарейок та інших електроприладів, причому це все приправлено барвниками, пестицидами, миючими засобами та іншими хімікатами.

Наприклад, миш'як є природною складовою ґрунту, але якщо він потрапляє у ґрунтові води, то тривале споживання забрудненої води може викликати небезпечні захворювання, включно із раком шкіри, легенів та нирок. Отже, неграмотний вибір місць захоронення і нехтування засобами безпеки дозволяє цій суміші досягати водоносних горизонтів.

Основними джерелами забруднення ґрунтових вод також є господарсько-побутові й зливові води. Останні змивають з ґрунтів значну кількість бруду й переносять його у ріки і підземні води. До них добавляються промислові стічні води – води, які відходять після використання в побутовій, промисловій та сільськогосподарській діяльності людини.

Особливо сильно забруднюють ґрунтові води промислові стічні води хімічних, нафтопереробних, металургійних, шкіряних заводів, текстильних і целюлозно-паперових фабрик, м'ясокомбінатів та інших підприємств. Залежно від виду виробництва в ґрунтові води потрапляють шкідливі сполуки неорганічної (луги, кислоти, мінеральні солі) та органічної (органічні сполуки, поверхнево-активні речовини, нафтопродукти) природи.

Крім того, в стічних водах можуть знаходитись патогенні мікроорганізми: бактеріофаги, яйця гельмінтів, дріжджі, цвілеві гриби, мікроскопічні водорості, найпростіші (табл.1).

Таблиця 1 – Патогенні мікроорганізми води

Назва	Захворювання, що викликаються
Холерний вібріон	Холера
Тифозні сальмонели	Черевний тиф
Дизентерійні шигели	Дизентерія
Паратифозні сальмонели	Паратифи
Ентамеба	Амебна дизентерія
Фільтрувальні віруси	Інфекційний гепатит
Кишкова паличка E. coli	Кишкові захворювання



Найбільш часто з водою передаються кишкові інфекції, що пов'язано з концентрацією їх збудників в кишечнику людини, масовим виведенням їх у водне середовище і відносною стійкістю у воді. Хоча вода і не є сприятливим середовищем існування для патогенних форм мікроорганізмів, вони можуть зберігатися в ній протягом декількох діб і навіть місяців. Так, холерний вібріон може виживати у воді протягом декількох місяців і зберігати активність після заморожування. Особливо високу стійкість в стічній воді мають віруси.

При тривалому знаходженні у воді патогенні мікроорганізми можуть змінюватися під впливом умов зовнішнього середовища, але при цьому вони не завжди втрачають хвороботворні властивості.

Кількість мікробів в 1 мл води залежить від наявності в ній поживних речовин. Чим сильніше вода забруднена органічними залишками, тим більше в ній мікробів. Весною загальне мікробне число перевищує норму. Це пов'язано з тим, що весною відбувається танення снігів, збільшується кількість опадів, а також, внаслідок цього, з ґрунтів вимиваються забруднення, які попадають в підземні води.

У сільському господарстві для підвищення врожаїв і продуктивності земель, застосовують пестициди, які змиваються з полів у ріки, озера та підземні води. Наявність сполук нітрогену в ґрунтових водах спричинене також органічними речовинами тваринного або рослинного походження. При цьому вміст аміаку може коливатися від 0,05 до  $1,0 \frac{мг}{дм^3}$  і більше, нітритів – від 0,01 до  $0,09 \frac{мг}{дм^3}$  і вище, нітратів – від 5 до  $10 \frac{мг}{дм^3}$  (табл.2).

Таблиця 2 – Накопичення нітратів у ґрунтових водах

Сільсько-господарське використання	Введення азоту з добривами, кг/(га·рік)			Концентрація нітратів на поверхні ґрунтових вод (мг/л; орієнтовна величина в Європейському Союзі – 50 мг/л)		
	Мінімум	Середнє	Максимум	Мінімум	Середнє	Максимум
Луки	3	20	68	5	30	100
Орна земля, нормальне використання	34	68	136	50	100	200
Орна земля, інтенсивне використання	68	170	339	100	250	500

Нітрати слід розглядати як проміжний продукт розкладу органічних речовин. Ланцюг біохімічних перетворень амоніфікація – нітрифікація – денітрифікація може бути призупинений на певній стадії в залежності від зовнішніх умов. Розклад органіки в аеробних умовах ґрунту або на його поверхні збагачує парові розчини нітратами (NO<sub>3</sub>) та нітритами (NO<sub>2</sub>), які інтенсивно поглинаються кореневою системою рослин. При проникненні з потоками вологи глибше кореневмісного шару ці сполуки не затримуються вбирним комплексом ґрунту, а потрапляють у ґрунтові води і мігрують з їх потоками.

Крім того, забруднення ґрунтових вод нітратами стає дедалі більшою проблемою щодо підготовки питної води, передусім для людей, які в сільській місцевості використовують воду з криниць.

Нітрат сам по собі майже неотруйний. Токсичність є наслідком ланцюга реакцій нітрат-нітрит-N-нітросполуки. В тілі людини нітрат ензимами та мікроорганізмами

відновлюється до нітриту. Останній здатний окиснити гемоглобін до метаблобіну, який більше не може приймати кисень. За вмісту у людини нітратів 40-70% настає смерть.

Нітрит реагує з вторинними й третинними амінами в тілі людини з утворенням N-нітрозосполук, наприклад, нітрозамінів, що є сильними збудниками раку. Вони, залежно від хімічної структури, специфічно утворюють в усіх важливих органах злоякісні пухлини.

Особливо небезпечним для ґрунтових вод є радіоактивне забруднення, що спричинюється видобутком уранової руди, випробуваннями ядерної зброї, роботою ядерних реакторів та військових підводних човнів, скиданням контейнерів з радіоактивними відходами.

У процесі видобування уранової руди із розкривних відвалів у ґрунти та ґрунтові води можуть вимиватись дочірні нукліди природних радіоактивних рядів і через ланцюги харчування накопичуватися в організмах.

Проблема поводження з радіоактивними відходами є дуже серйозною, вона потребує особливого контролю безпеки.

Відмінністю міста Кам'янське від інших потужних промислових центрів України є наявність потенційно небезпечних 10 хвостосховищ, у яких накопичено 42 млн. тонн радіоактивних відходів загальною активністю  $3,1 \times 10^{15}$  Бк.

Загальна площа сховищ становить 2,43 млн. кв. м. Потужність експозиційної дози на поверхні ґрунту цих об'єктів перебуває в межах від 30 до  $35000 \frac{\text{мкР}}{\text{год}}$ . У межах

міста розташовано 5 хвостосховищ, у яких накопичено 13 млн. тонн радіоактивних відходів, тобто на одного мешканця міста припадає 53 тонни радіоактивних відходів.

Хвостосховища не мають надійної ізоляції та гідроізоляції, що створює реальну загрозу радіоактивного забруднення підземних вод.

Розташування хвостосховищ «Західне», «Південно-східне», «Центральний Яр» на схилі долини р. Дніпра при водонасиченні за рахунок підтоплення ґрунтовими водами може призвести до їх сповзання по схилу і створення надзвичайної ситуації для користувачів водою р. Дніпра.

В Україні накопичено велику кількість радіоактивних відходів, що утворилися після аварії на Чорнобильській АЕС та внаслідок експлуатації атомних електростанцій. До 90% усіх радіоактивних відходів зберігається в зоні відчуження. Тому одним із тяжких наслідків аварії на 4-му енергоблоці Чорнобильської АЕС є сильне радіоактивне забруднення ґрунтів і ґрунтових вод в епіцентрі аварії. Радіоактивно забруднений ґрунт є джерелом радіоактивного забруднення підземних вод за рахунок інфільтрації атмосферних опадів.

На території Чорнобильської зони заплановано побудувати сховище радіоактивних відходів, новий безпечний саркофаг над об'єктом «Укриття» і завод з переробки рідких радіоактивних відходів.

У будь-якому разі для забезпечення радіаційної й екологічної безпеки в проектах перетворення об'єкта «Укриття» і виведення ЧАЕС із експлуатації, а також для вживання заходів по нерозповсюдженню радіонуклідів у навколишньому середовищі необхідно мати достовірні відомості про рівні й джерела забруднення, просторовий розподіл та інші характеристики радіоактивно забруднених ґрунтів і ґрунтових вод.

**Висновки.** Різноманітні варіанти забруднення підземних вод пов'язані з нераціональною діяльністю людей, дефектами в будівництві, експлуатації водопровідних і очисних споруд.

Забруднення води в окремих регіонах України досягло критичного рівня. Щорічно в басейн рік України скидається близько  $9,6$  млрд.  $\text{м}^3$  недостатньо очищених стічних вод, в тому числі від  $2,9$  до  $4,9$  млрд.  $\text{м}^3$  – забруднених.

Рівень очищення води на сьогодні надзвичайно низький. Існуючі очисні споруди навіть при біологічному очищенні вилучають лише 10-40% неорганічних речовин і практично не вилучають солі важких металів.

Використання ґрунтових вод з санітарно-епідеміологічної точки є небезпечним. Економічними технологіями слід вважати тільки ті, які є екологічними.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Тугай А.М. Водопостачання: підручник / Тугай А.М., Орлов В.О. – К.: Знання, 2009. – 88с.
2. Гайнріх Д. Екологія: dtv-Atlas / Гайнріх Д., Гергт М.; пер. з 4-го нім. вид. – К.: Знання-Прес, 2001. – 187с.
3. Злобін Ю.А. Основи екології / Злобін Ю.А. – К.: ТОВ «Видавництво «Лібра», 1998. – 203с.

Надійшла до редколегії 04.01.2017.

УДК 621.745:504

МІЛЮТИН В.М., д-р філ., доцент  
РОЗДОБУДЬКО Е.В., к.е.н., доцент

Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське

### ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РЕКОНСТРУКЦІЇ ПИЛОВЛОВЛЮВАЧІВ В СТАЛЕЛИВАРНОМУ ЦЕХУ

**Вступ.** Економіка і екологія – це науки, що мають протилежні цілі і завдання. Розвиток сучасної економіки можна охарактеризувати як техногенний, який породжує деградацію біосфери і забруднення навколишнього природного середовища (НПС) в результаті господарської діяльності людини. Екологія основним своїм завданням ставить економію природних ресурсів і їх збереження. Принципово новим підходом у світовій економіці, спрямованим на збереження біосфери, стала концепція стійкого економічного розвитку.

Стан екології окремих промислових міст, які знаходяться в центральному і східному регіонах країни, продовжує погіршуватися внаслідок зношеності основних і природоохоронних фондів і недостатнього фінансування на захист довкілля.

Дніпровський промисловий регіон є одним з найбільш забруднених в Україні. Викиди промислових підприємств чинять істотний вплив на стан довкілля. Найбільш сильне забруднення спостерігається в містах Дніпро, Кам'янське і Кривий Ріг. Основними забруднювачами міста Кам'янське є металургійний комбінат, два коксохімічних, цементний, вагонобудівний і хімічний заводи, а також інші підприємства і автотранспорт із загальною кількістю викидів  $\approx 101$  тис. т/рік.

**Мета роботи.** Одним з найбільш ефективних напрямів рішення екологічних проблем міста Кам'янське є корінне оновлення існуючих технологій і виробничих потужностей, введення в експлуатацію нового сучасного технологічного устаткування з включенням у нього аспіраційно-газоочисних пристроїв.

**Результати роботи.** Режим роботи сталеливарного цеху сталеливарного заводу у м. Кам'янському – безперервний – 210 днів (5000 год/рік), продуктивність дугової сталеливарної печі ДСП-20 складає 20 т/рік рідкої сталі, або  $100 \cdot 10^3$  т/рік [1].

З метою поліпшення умов праці, техніко-економічних показників сталеливарного цеху і екологічної обстановки в його плавильно-розливному прольоті (ПРП) прове-

дено реконструкцію – заміну пиловловлювача з батарейним циклоном ЦБ-254Р-30 на оксалонові рукавні фільтри типу ФРО [2, 3].

Це дозволило знизити викиди пилу більше, ніж у 15 разів, а концентрацію інших забруднюючих речовин звести до рівня ГДВ і підвищити техніко-економічні показники роботи цеху.

Пиловловлення – батарейний циклон ЦБ-254Р-30.

Вартість батарейного циклону ЦБ-254Р-30 складає 50000 грн.

Витрати електроенергії, що споживається циклоном ЦБ-254Р-30:

$$E_{зв} = (G \cdot n \cdot t) = 1 \cdot 1 \cdot 5000 = 5000 \text{ кВт/рік}, \quad (1)$$

де  $G$  – потужність електрообладнання, кВА;  $n$  – кількість обладнання, од;  $t$  – час роботи обладнання, год./рік.

Вартість електроенергії:

$$B_{зв} = E_{ез} \cdot 1,68 = 5000 \cdot 1,68 = 8400 \text{ грн./рік}. \quad (2)$$

Вартість оксалонового фільтра типу ФРО = 100000 грн.

Витрати електроенергії, що споживаються оксалоновим фільтром типу ФРО:

$$E_{зв} = (G \cdot n \cdot t) = 2 \cdot 1 \cdot 5000 = 10000 \text{ кВт/рік}. \quad (3)$$

Вартість електроенергії, що споживається оксалоновим фільтром типу ФРО:

$$B_{зв} = E_{ез} \cdot 1,68 = 10000 \cdot 1,68 = 16800 \text{ грн./рік}. \quad (4)$$

Техніко-економічна витрати від заміни обладнання:

$$TEB = (100000 - 50000) + (8200 + 16800) = 75000 \text{ грн}. \quad (5)$$

Для створення ергономічних умов праці ливарників в цехах використовується аерація, загальнообмінна припливно-витяжна (ЗПВ) і місцева механічна вентиляція.

У плавильно-розливному прольоті сталеливарного цеху при виплавці 1 т сталі в ДСП-20 питома виділення ЗР в атмосферу складає, кг/т: пил – 6,6...10; CO – 1,30...1,50; SO<sub>2</sub> – 0,0016...0,002; NO<sub>2</sub> – 0,26...0,30; фториди – 0,0056...0,0060 г/т, ціаніди – 0,028...0,030 і 30-40% неорганізованих від кількості пічних викидів при випуску і заливці стали у форми і опоки. Основними складовими ЗР є пил, оксиди вуглецю, сірки, азоту, вуглеводні та ін. Склад пилу залежить від марки сталі, що виплавляється. Середній хімічний склад пилу, %: Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 56,8; CaO – 6,9; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 5,0; SiO<sub>2</sub> – 6,9; Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 10,0; MgO – 5,8; решта – хлориди, оксиди хрому і фосфору. Кількість ЗР, що виділяються при розплавленні металу, з очищенням в батарейному циклоні ЦБ-254Р-30 і оксалоновому рукавному фільтрі типу ФРО, визначається за формулами:

а) пил ДСП-20 без очищення:

$$G_i = (q_i \cdot V \cdot 10^3) \cdot k = (10 \cdot 100 \cdot 10^3) \cdot 1,4 = 1,4 \cdot 10^6 \text{ кг/рік}; \quad (6)$$

б) пил ДСП-20 з очищенням в ЦБ-25Р-80 на 85%:

$$G_i = [q_i \cdot V \cdot 10^3 \cdot (1 - \eta/100)] \cdot k = [10 \cdot 100 \cdot 10^3 \cdot (1 - 85/100)] \cdot 1,4 = 2,1 \cdot 10^5 \text{ кг/рік}; \quad (7)$$

г) пил ДСП-20 з очищенням в оксалонових рукавних фільтрах типу ФРО на 99%:

$$G_i = [q_i \cdot V \cdot 10^3 \cdot (1 - \eta/100)] \cdot k = [10 \cdot 100 \cdot 10^3 \cdot (1 - 99/100)] \cdot 1,4 = 1,4 \cdot 10^4 \text{ кг/рік}, \quad (8)$$

де  $q_i$  – питомий викид речовини, кг/т;  $V$  – кількість металу, що виплавляється, т/рік;  $\eta$  – ефективність очищення в уловлювальних апаратах, %;  $k$  – коефіцієнт, що враховує кількість неорганізованих ЗР і дорівнює 1,30-1,40.

Кількість ЗР, що утворюються у ДСП-20 і при заливці металу у форми, наведено в табл.1.

Таблиця 1 – Кількість викидів шкідливих речовин, що утворюються

Речовина	Викиди від ДСП-20 і сталеливарного конвеєра*		Викиди після очищення	
	кг/рік	Σ, кг/рік	Батарейний циклон ЦБ-254Р-30, кг/рік	Оксалонові рукавні фільтри ФРО, кг/рік
Пил	$1 \cdot 10^6 / 4 \cdot 10^5$	$1,4 \cdot 10^6$	$210 \cdot 10^3$	$14 \cdot 10^3$
СО	$1,3 \cdot 10^5 / 5,2 \cdot 10^4$	$182 \cdot 10^3$	0 – допалювання	0 – допалювання
SO <sub>2</sub>	160 / 64	224	224	224
NO <sub>2</sub>	$2,6 \cdot 10^4 / 1,04 \cdot 10^4$	$36,4 \cdot 10^3$	36400	36400
Фториди	56 / 23	79	79	79
Ціаніди	2800 / 1120	3920	3920	3920
Всього ≈	1159016 / 463607	1622623	250623	54623

\* чисельник – організовані викиди; знаменник – неорганізовані

Для зниження і видалення викидів ЗР, з урахуванням підсосу повітря, використовується допалювання СО і поєднане відсмоктування забрудненого повітря робочої зони від ДСП-20 і ливарного конвеєра через парасольку, встановлену під аераційно-світловим ліхтарем цеху, сполучену з димососом і системою очищення, а також видалення частини неорганізованих викидів забруднюючих речовин шляхом аерації. Аерацією подається і видаляється  $6 \cdot 10^6$  м<sup>3</sup>/рік атмосферного повітря. Загально-обмінною припливною вентиляцією в ПРП цеху необхідно подавати 1000-1200 м<sup>3</sup>/год.

У плавильно-розливному-прольоті (ПРП) сталеливарного цеху в ході технологічного процесу виплавки сталі з ДСП-20 видаляється 5000-10000 м<sup>3</sup>/г організованих і 2000-4000 м<sup>3</sup>/г неорганізованих ЗР – від заливки сталі в ливарні форми конвеєра, очищення литва і інше.

Для видалення і очищення ЗР встановлено димосос ДН-9 ( $Q_d \approx 15$  тис. м<sup>3</sup>/год. і  $M_{од} = 15$  кВт) і замість батарейного циклону ЦБ-254Р-30 – оксалонові рукавні фільтри типу ФРО.

При 3-хзмінній роботі цеху протягом 210 робочих днів (5000 год./рік) витрата електроенергії димососом складає  $\approx 75$  тис. кВт·год., що при вартості 1 кВт·год. електроенергії 1,68 грн. складає  $Z_1 \approx 126$  тис. грн./рік.

З метою створення нормальних умов праці у ПРП цеху загальнообмінною припливно-витяжною вентиляцією необхідно подавати 1000-1200 м<sup>3</sup>/год. повітря на одного ливарника. Екстраполюючи цю продуктивність на 25 ливарників ПРП, визначаємо необхідну кількість повітря, що подається:

$$Z_{опвв} = L \cdot n = 1200 \cdot 25 = 30000 \text{ м}^3/\text{год.}, \quad (9)$$

де  $L$  – кількість повітря, що подається у проліт цеху;  $n$  – число робітників в ПРП.

Повітря в ПРП подається вентилятором Ц4-4-70 №10 ( $Q = 36,77$  тис. м<sup>3</sup>/год,  $M = 11$  кВт). При роботі впродовж 5000 год./рік витрата електроенергії складає 55 тис. кВт·год. і при вартості 1 кВт·год. = 1,68 грн. витрати дорівнюють  $Z_2 \approx 93$  тис. грн./рік. Вартість вентилятора складає  $C_4 \approx 3000$  грн.

Вартість електроенергії при освітленні ПРП енергоекономічними світильниками:

$$Z_3 = (M \cdot n \cdot t) \cdot B = (0,1 \cdot 10 \cdot 5000) \cdot 1,68 \approx 8400 \text{ грн./рік}, \quad (10)$$

де  $M$  – потужність світильника, кВт;  $n$  – кількість світильників, шт.;  $t$  – час освітлення, год./рік;  $B$  – вартість 1 кВт·год.

Вартість обладнання і витраченої електроенергії:

$$OE = (Z_1 + Z_2 + Z_3) = (126 + 93 + 8,4) \cdot 10^3 \approx 228 \text{ тис. грн./рік}. \quad (11)$$

Сумарна вартість обладнання і витраченої електроенергії:

$$\sum OBE = TEВ + OE = (75 + 228) \cdot 10^3 \approx 303 \text{ тис. т/рік.} \quad (12)$$

Якість повітря селітебної зони і довкілля контролюється органами екологічної безпеки і підприємствам нараховується плата за їх забруднення. Стягнення плати за забруднення довкілля виконує ряд економічних функцій: стимулюючу, акумулюючу, розподільну і контрольну.

Розмір плати за викиди в атмосферу ЗР стаціонарними джерелами забруднення при допустимих лімітах визначається за формулою [4, 5]:

$$P_{at} = \sum_{i=1}^n (N_{i\phi} \cdot M_{i\phi} + K_{in} \cdot N_{in} \cdot M_{ib}) \cdot K_T \cdot K_n \cdot K_{in}, \quad (13)$$

де  $P_{at}$  – збір за викиди забруднюючих речовин, грн.;  $N_{i\phi}$  – нормативи плати за фактичні викиди в атмосферу 1 т і-ої забруднюючої речовини, грн./т;  $M_{i\phi}$  – маса викиду в атмосферу і-ої забруднюючої речовини в межах ліміту, т/рік;  $K_{in}$  – коефіцієнт кратності плати за перевищення викиду в атмосферу і-ої забруднюючої речовини понад ліміт, який для промислового міста дорівнює 5;  $N_{in}$  – нормативи плати за викиди в атмосферу вище ліміту 1 т і-ої забруднюючої речовини, грн./т;  $M_{ib}$  – маса викиду в атмосферу і-ої забруднюючої речовини понад межу ліміту, т/рік;  $K_T$  – коефіцієнт, що враховує територіальні, екологічні і соціально-економічні особливості міста:

$$K_T = K_{nac} \cdot K_{\phi}, \quad (14)$$

де  $K_{nac} = 1,35$  (250 тис.чол.) – коефіцієнт, що залежить від чисельності населення міста;  $K_{\phi} = 1,25$  – коефіцієнт, що враховує значення міста, тоді

$$K_T = 1,35 \cdot 1,25 = 1,69.$$

$K_n = 0$  – коефіцієнт, що враховує підвищення плати за перевищення викидів;

$K_{in} = 1,12$  – коефіцієнт індексації.

Оплата за викиди в атмосферу пилу після очищення в ЦБ 254Р-30:

$$P_{at} = \sum_{i=1}^n (111,26 \cdot 60 + 5 \cdot 111,26 \cdot 150) \cdot 1,69 \cdot 1,12 = 170580,272 \text{ грн./рік.} \quad (15)$$

Оплата за викиди в атмосферу пилу після очищення в фільтрах ФРО:

$$P_{at} = \sum_{i=1}^n (111,26 \cdot 14) \cdot 1,69 \cdot 1,12 \approx 2948,301 \text{ грн./рік.} \quad (16)$$

Масу викидів ЗР в атмосферу від ДСП-20 при очищенні від пилу в ЦБ-254Р-30 (85%) і оксалонічних рукавних фільтрах типу ФРО (99%), а також плата за забруднення довкілля наведено в табл.2.

Таблиця 2 – Маса викидів в атмосферу і розмір плати за забруднення довкілля

Речовина і норматив плати, грн./т	Маса викидів після ЦБ-254Р-30, т/рік	Плата за викиди, грн.	Маса викидів після фільтрів ФРО, т/рік	Плата за викиди, грн.
1	2	3	4	5
Маса викидів після очищення				
Пил – 111,26	210	170580	14	2948
СО – 74,17	0 – допалювання	0	0 – допалювання	0

Продовження таблиці 2

1	2	3	4	5
Маса викидів без очищення				
SO <sub>2</sub> – 1968,65	0,224	3220	0,224	3220
NO <sub>2</sub> – 1968,65	36,400	663275	663275	663275
Фториди – 2545,11	0,079	201	0,079	202
Ціаніди – 2545,11	3,920	153	3,920	153
Всього ≈	250,623	837429	54,623	669768

Зниження викидів в атмосферу при установці оксалонових рукавних фільтрів ФРО:

$$E_{\text{ат}} = E_1 - E_2 = 250,623 - 54,623 = 196 \text{ т/рік.} \quad (17)$$

Еколого-економічна вигода від зниження виплат за забруднення атмосфери викидами при використанні фільтрів ФРО:

$$EEЗ = E_3 - E_4 = 837429 - 669768 = 167661 \text{ грн./рік.} \quad (18)$$

Значення приведеної маси річного викиду з джерела в атмосферу визначається за формулою:

$$M = \sum_{j=1}^n A_j \cdot m, \text{ ум.т/рік,} \quad (19)$$

де  $A_j$  – показник відносної агресивності домішки, ум. т/т;  $m$  – маса річного викиду домішки  $j$ -го виду, т/рік;  $n$  – загальне кількість домішок у викидах джерела.

Приведена маса викидів з ЦБ-256Р-30:

$$M_{\text{зв}} = \sum_{j=1}^n (100_{\text{пил}} \cdot 210 + 1_{\text{CO}} \cdot 0 + 16,5_{\text{SO}_2} \cdot 0,224 + 41,1_{\text{NO}_2} \cdot 36,4) = 22500 \text{ ум.т/рік.}$$

Приведена маса викидів з фільтрів типу ФРО:

$$M_{\text{зв}} = 1400 + 0 + 3,70 + 1496 = 2900 \text{ ум.т/рік.} \quad (20)$$

Збільшений економічний збиток, заподіяний промисловими викидами забруднюючих речовин в атмосферне повітря, визначається за формулою [4,5]:

$$У = \gamma \cdot \sigma \cdot f \cdot M_i, \text{ грн./рік,} \quad (21)$$

де  $\gamma$  – константа = 4,0 при оцінці річних викидів ЗР (грн./ум.т);  $\sigma$  – показник відносної небезпеки забруднення атмосферного повітря для території різних типів, дорівнює: курортні зони, санаторії – 10; пригородні зони відпочинку: для центральної частини міста с населенням 300 тис. осіб. і більше – 8; території промпідприємств (що включає захисні зони) і промвузлів – 4;  $f$  – поправка (безрозмірна) на характер розповсюдження домішки в атмосфері. Для аерозолів з малою швидкістю осідання  $f = 1$  і з великою –  $f = 10$ ;  $M_i$  – приведена маса викиду ЗР з джерела, (ум. т/рік).

Економічний збиток від викидів БЦ-254Р-30:

$$EЗТ = \gamma \cdot \sigma \cdot f \cdot M = 4 \cdot 8 \cdot 10 \cdot 22500 = 7200000 \text{ грн./рік.}$$

Економічний збиток від викидів з фільтрів типу ФРО:

$$EЗГ = \gamma \cdot \sigma \cdot f \cdot M = 4 \cdot 8 \cdot 10 \cdot 2900 = 928000 \text{ грн./рік.}$$

Еколого-економічна вигода від зниження викидів ДСП-20:

$$EEВ = EЗТ - EЗГ = 7200000 - 928000 = 6272000 \text{ грн./рік.} \quad (22)$$

Додатковий прибуток від реалізації і використання уловленого пилу

$$D_{\text{п}} = [(M_{\text{ТВ}}/A_i)] \cdot C_{\text{п}} = [(22500 - 2900)/100] \cdot 5 \cdot 10^3 = 980000 \text{ грн./рік,} \quad (23)$$

де  $A_i$  – показник відносної агресивності речовини;  $C_{\text{п}}$  – вартість 1 т уловленого пилу ( $5 \cdot 10^3$  грн./т).

Сумарний еколого-економічний ефект (рис.1):

$$\sum EEE = (EEЗ + EEB + D_{п}) - \sum OBE, \text{ грн./рік}, \quad (24)$$

$$\sum EEE = (167661 + 6272000 + 980000) - 303000 = 7116661 \text{ грн./рік}.$$

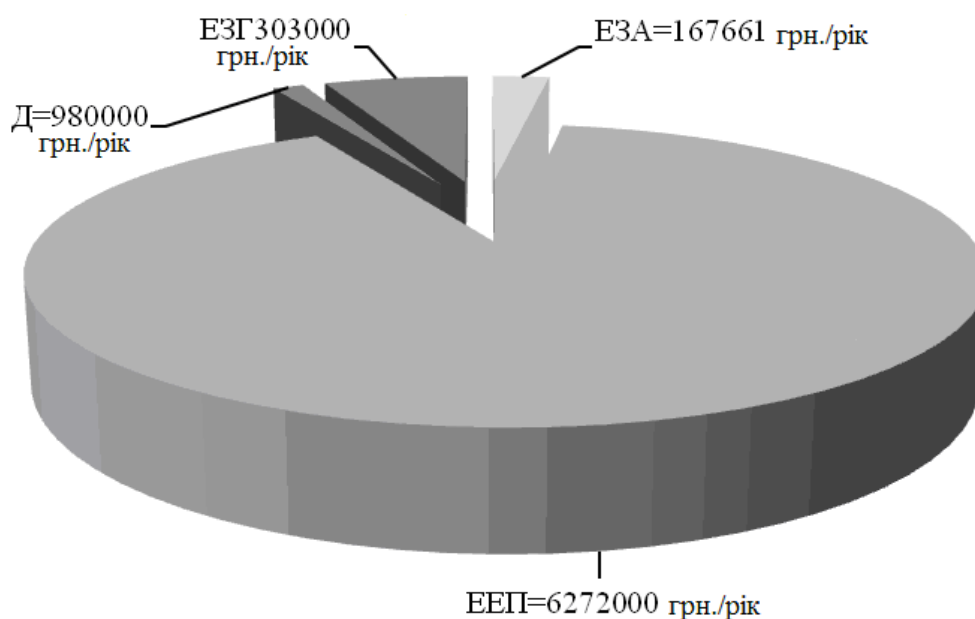


Рисунок 1 – Еколого-економічний ефект від встановлення рукавного фільтру типу ФРО замість батарейного циклону ЦБ-254Р-30

**Висновки.** 1. Сумарний еколого-економічний ефект від реконструкції складає 7116661 грн./рік.

2. Установка на ДСП-20 для очищення повітря і захисту НПС від забруднюючих речовин рукавних оксалонічних фільтрів типу ФРО замість батарейного циклону БЦ-254Р-30 зменшує кількість викидів ЗР на  $\approx 67,0\%$  і збиток, що наноситися довікільлю, на 6272000 грн./рік.

3. Загальна ергономіко-економічна вигода від установки рукавних оксалонічних фільтрів типу ФРО замість батарейного циклону БЦ-254Р-30 полягає не тільки в еколого-економічному, а також і в соціальному ефекті.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Моргунов В.Н. Печи литейных цехов. Характеристика, анализ, классификация / В.Н.Моргунов. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2009. – 178с.
2. Болдин А.Н. Инженерная экология литейного производства / А.Н.Болдин, А.И.Яковлев, С.Д.Тепляков. – М: Машиностроение, 2010. – 352с.
3. Гигиенические нормативы 2.2.5.1313-03. ПДК вредных веществ воздуха рабочей зоны. – М., 2003. – 201с.
4. Про охорону атмосферного повітря: Закон України від 24 червня 2001 р. №2556-III / Відомості Верховної ради України. – 2001. – №48. – 252с.
5. Податковий кодекс України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/2755-17>.

Надійшла до редколегії 07.03.2017.