

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ



ЛЕБЕДЄВА Олена Сергіївна

УДК 504.064:628.2+504.3.054

**ЗАХИСТ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ВІД ЗАБРУДНЕННЯ ВИКИДАМИ
СІРКОВОДНЮ З КАНАЛІЗАЦІЙНИХ МЕРЕЖ**

21.06.01 – екологічна безпека

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Суми – 2017

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі безпеки життєдіяльності та інженерної екології Харківського національного університету будівництва та архітектури Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник –

доктор технічних наук, професор
Юрченко Валентина Олександрівна,
Харківський національний університет
будівництва та архітектури Міністерства
освіти і науки України,
завідувач кафедри безпеки життєдіяльності
та інженерної екології.

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор
Волошкіна Олена Семенівна,
Київський національний університет
будівництва і архітектури Міністерства
освіти і науки України,
завідувач кафедри охорони праці та
навколишнього середовища;

доктор технічних наук, доцент
Сотник Микола Іванович,
Сумський державний університет
Міністерства освіти і науки України,
доцент кафедри прикладної
гідроаеромеханіки.

Захист відбудеться 12 травня 2017 р. об 11⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 55.051.04 у Сумському державному університеті за адресою: 40007, м. Суми, вул. Римського-Корсакова, 2, корп. Ц, ауд. 204.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Сумського державного університету за адресою: 40007, Україна, м. Суми, вул. Римського Корсакова, 2.

Автореферат розіслано «29» березня 2017 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради



Л. Л. Гурець

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Каналізація є системою житлово-комунального господарства, яка забезпечує екологічну безпеку технічного та господарсько-питного водокористування міста. Проте, споруди водовідведення є великомасштабними технічними об'єктами, які чинять інтенсивне техногенне навантаження на навколишнє природне середовище, нерідко стаючи джерелом значущої екологічної небезпеки для міських регіонів. Навіть при роботі каналізаційних мереж у безаварійному режимі їх експлуатація створює екологічну проблему, обумовлену утворенням токсичних газоподібних сполук (сірководню, меркаптану, діоксиду сірки, діоксиду вуглецю, метану тощо), які через шахти і колодязі забруднюють атмосферне повітря міських регіонів. Особливу екологічну небезпеку за кратністю перевищення гранично-допустимих концентрацій (ГДК) в газоподібних викидах з каналізаційних мереж створює сірководень (речовина другого класу небезпеки), який до того ж ініціює розвиток на склепіневій частині бетонних каналізаційних трубопроводів біогенної сірчаноокисlotної корозії, яка кардинально зменшує експлуатаційну довговічність таких об'єктів. Служби експлуатації каналізаційних мереж потребують не тільки заходів, що мінімізують утворення сірководню в стічних водах, які транспортуються мережами, а й ефективної системи моніторингу викидів сірководню (H_2S) для отримання оперативної інформації про дійсний та прогнозований стан каналізаційних мереж та їх окремих ділянок. Створення та удосконалення існуючих систем моніторингу каналізаційних мереж шляхом впровадження нових комп'ютерних технологій та інформаційних систем, розширення контролю показників екологічної безпеки є одним з пріоритетних напрямків у галузі життєзабезпечення населення та екологічної безпеки країни.

Актуальність дисертаційної роботи обумовлена необхідністю розробки та обґрунтування технічних і технологічних рішень щодо зниження техногенного навантаження на навколишнє середовище, створюваного викидами сірководню з каналізаційних мереж в міське атмосферне повітря, з урахуванням економічних та експлуатаційних показників.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційну роботу виконано в рамках державних науково-дослідних робіт МОН України на теми: «Забезпечення екологічної безпеки об'єктів біосфери в умовах техногенного навантаження» (ДР № 0115U001145), «Забезпечення глибокого вилучення біогенних елементів - азоту, фосфору та сірки, з газоподібних викидів та стічних вод в системах водовідведення» (ДР № 0115U000634) на кафедрі безпеки життєдіяльності та інженерної екології Харківського національного університету будівництва та архітектури.

Мета і завдання роботи. Метою дисертаційної роботи є підвищення рівня екологічної безпеки каналізаційних мереж для атмосферного повітря шляхом застосування науково обґрунтованих методів, що забезпечують додержання нормативів шкідливих впливів на довкілля викидів сірководню (шляхом мінімізації його утворення та очистки газоподібних викидів), а також розробки сучасної системи оперативного екологічного моніторингу цих викидів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- науково проаналізувати та виявити найбільш екологічно небезпечні газоподібні сполуки, що викидаються з каналізаційних мереж, процеси, що їх утворюють та шляхи мінімізації;

- науково дослідити й експериментально кількісно охарактеризувати вплив фізичних та фізико-хімічних чинників на утворення сірководню в стічних водах, що транспортуються каналізаційними мережами;

- визначити та науково дослідити концентрації сірководню в підсклепіневому просторі різних ділянок каналізаційних трубопроводів, у газоподібних викидах із шахт та в міському атмосферному повітрі внаслідок їх розсіювання;

- розробити комп'ютерну програму моніторингу газоподібних викидів з каналізаційних мереж та методологію класифікації екологічної небезпеки каналізаційних шахт/колодязів за рівнем викиду та розсіювання сірководню в міському атмосферному повітрі;

- виконати еколого-економічну оцінку впровадження технічних заходів, що мінімізують викиди сірководню та інших екологічно небезпечних газів із каналізаційних мереж.

Об'єкт дослідження – викиди сірководню з шахт каналізаційних мереж та їх вплив на атмосферне повітря.

Предмет дослідження – методи контролю та мінімізації викидів сірководню з шахт каналізаційних мереж в атмосферне повітря.

Методи досліджень. У процесі виконання експериментальних досліджень стічних вод, що транспортуються каналізаційними мережами, та газоподібних середовищ використовувалися гідрохімічні методи аналізу стічних вод, а також хімічні методи аналізу газоподібних середовищ відповідно до нормативних вимог в Україні. Для обробки експериментальних даних використовувались статистичні методи та методи регресійного аналізу. Для розробки комп'ютерної програми використовували методи об'єктно-орієнтованого програмування.

Наукова новизна одержаних результатів:

- уперше розроблено методологію класифікації рівнів екологічної небезпеки ділянок каналізаційних мереж й методику визначення пріоритетності впровадження природоохоронних заходів;

- уперше на підставі експериментальних та наукових досліджень розроблено метод розрахунку концентрацій сірководню в викидах, що надходять з підсклепінєвого простору каналізаційних трубопроводів через шахти в атмосферне повітря міського середовища;

- удосконалено методику розрахунку залишкової концентрації H_2S в підсклепінєвому просторі каналізаційних колекторів при зниженні температури стічної води шляхом впровадження формули мультиплікативного впливу на залишкові концентрації H_2S двох факторів: зниження концентрації H_2S в стічній воді (внаслідок пригнічуючої дії на метаболізм сульфатредуючих бактерій), а також затримання H_2S у стічній воді за рахунок підвищення розчинності сірководню;

– набули подальшого розвитку та удосконалення геоінформаційні системи каналізаційних мереж шляхом створення комп'ютерної програми моніторингу викидів з них екологічно небезпечних газоподібних речовин.

Практичне значення одержаних результатів. За результатами дослідження розроблено рекомендації щодо автоматизації системи моніторингу газоподібних викидів з каналізаційних мереж та визначення класу небезпеки для міської атмосфери шахт/колодязів на каналізаційних мережах. Рекомендації передано до КП «Харківводоканал» (акт прийому-передачі науково-технічної документації від 08.06.2016). Отримані результати впроваджено в навчальний процес для вивчення дисциплін таких, як «Моніторинг навколишнього середовища», «Моделювання та прогнозування стану навколишнього середовища», «Міське комунальне господарство», «Геоінформаційні системи в екології», «Організація баз даних і знань» студентами спеціальностей 6.040106, 6.050101, 6.030502 та в науково-дослідну роботу студентів і магістрів ХНУБА (акти впровадження від 04.02.2016, 10.02.2016).

Особистий внесок здобувача полягає в проведенні детального аналізу основних проблем екологічної безпеки викидів сірководню для навколишнього середовища, сучасних методів і обладнання, що знижують викиди сірководню в міське атмосферне повітря; обстеженні в натурних умовах ділянки каналізаційного колектора; проведенні в лабораторних умовах експериментальних досліджень впливу фізико-хімічних факторів на накопичення сірководню в стічних водах та їх моделях й викид його в атмосферне повітря; проведенні розрахунку розсіювання сірководню з шахт каналізаційних мереж на території м. Харкова та на окремих ділянках; розробленні комп'ютерної програми моніторингу газоподібних викидів з каналізаційних мереж, методологічних основ класифікації екологічної безпеки об'єктів каналізаційних мереж і визначення пріоритетності впровадження природоохоронних заходів. Вибір теми дисертаційної роботи, постановка завдань, обговорення отриманих результатів та формулювання висновків здійснювалось спільно з науковим керівником, д.т.н., професором Юрченко В.О. Усі положення і результати, які виносяться на захист, отримано автором самостійно.

Внесок здобувача в роботи, опубліковані у співавторстві, наведений у списку праць за темою дисертації.

Апробація результатів роботи. Основні положення та результати дисертаційної роботи доповідалися і обговорювалися на 18 конференціях: міжнародних науково-технічних конференціях «Екологічна та техногенна безпека. Охорона водного і повітряного басейнів. Утилізація відходів» (м. Бердянськ, 2012 р.), «Ресурсосбереження та енергоефективність інженерної інфраструктури урбанізованих територій», «Вода. Екологія. Суспільство» у ХНУМГ ім. О.Н. Бекетова (м. Харків, 2013, 2014 рр.), «Безпека життя і діяльності людини – освіта, наука, практика» (м. Одеса, 2013 р.); Міжнародній науковій конференції «Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» в ХНУ ім.В.Н. Каразіна (м. Харків, 2013, 2014 рр.); Міжнародній молодіжній науковій конференції «Екологія і раціональне природокористування агропромислових регіонів» (м. Белгород, Росія, 2014, 2015 рр.), Міжнародній науково-методичній конференції «Безпека людини у сучасних умовах» в НТУ"ХП" (м. Харків, 2014 р.); Всеукраїнській науковій

конференції аспірантів і студентів «Охорона навколишнього середовища та раціональне використання природних ресурсів» (м. Донецьк, 2013 р.); Міжнародних науково-практичних конференціях «Еколого-правові та економічні аспекти екологічної безпеки регіонів», «Галузеві проблеми екологічної безпеки» в ХНАДУ (м. Харків, 2013, 2015 рр.), «Сучасні проблеми водного господарства, інженерно-комунікаційних систем і екологія» (м. Баку, Азербайджан, 2014 р.), «Прикладні аспекти техногенно-екологічної безпеки» в НУЦЗУ (м. Харків, 2015 р.); Міжнародному науково-практичному конгресі «Міське середовище – XXI сторіччя. Архітектура. Будівництво. Дизайн» (м. Київ, 2014 р.); конференції молодих вчених «Наука - майбутнє Литви. Інженерія транспорту та організація перевезень» (м. Вільнюс, Литва, 2014 р.); Всеукраїнській науково-практичній інтернет-конференції «Ресурсозбереження і хіміко-екологічні проблеми технологічних процесів» в ХНАДУ (м. Харків, 2014 р.); VI та VII Всеукраїнському науковому семінарі «Методи підвищення ресурсу міських інженерних інфраструктур» в ХНУБА (м. Харків, 2014, 2015 рр.); Всеукраїнській науково-практичній конференції «Екологія візуальності: стратегії, концепти, проекти» (м. Черкаси, 2015 р.), Міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених та фахівців «Інноваційні шляхи модернізації базових галузей промисловості, енерго- і ресурсозбереження, охорона навколишнього природного середовища» (м. Харків: ГП УкрНТЦ «Енергосталь», 2016 р.), Міжнародному конгресі «Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування» (м. Львів, 2016 р.).

Публікації. За результатами дисертаційної роботи опубліковано 36 наукових праць, у т.ч. 8 статей у наукових фахових виданнях з переліку МОН України, 1 стаття в виданні, що індексується міжнародною наукометричною базою Scopus, 17 статей в інших виданнях, 9 тез доповідей на конференціях, отримано 1 авторське свідоцтво.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається із вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи становить 198 сторінок. Дисертаційна робота містить 25 таблиць та 44 рисунки, 165 найменувань списку використаних джерел на 20 сторінках та 12 додатків на 51 сторінці.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність дисертаційної роботи; сформульовано мету, об'єкт, предмет та завдання досліджень; визначено наукову новизну, практичне значення отриманих результатів та особистий внесок автора.

У **першому розділі** проаналізовано сучасний стан проблеми екологічної небезпеки, створюваної газоподібними викидами з каналізаційних мереж. Доведено, що найбільшу екологічну небезпеку для атмосферного повітря міських регіонів та здоров'я населення за рівнем перевищення ГДК в газоподібних викидах створює сірководень, який утворюється в стічних водах, що транспортуються мережами, в процесі мікробіологічної сульфатредукції. Проаналізовано існуючі методи зменшення екологічно небезпечних викидів сірководню, та їх теоретичні основи: пригнічення утворення сірководню в стічних водах, що транспортуються мережами, пригнічення його викиду із стічних вод в підсклепіневий простір каналізаційного колектора та в атмосферне повітря міст, очистка викидів з каналізаційних мереж.

Значний внесок у вивчення складу газоподібних викидів із каналізаційних мереж, кінетики утворення даних екологічно небезпечних сполук та розробку природоохоронних заходів внесли роботи таких вітчизняних і зарубіжних фахівців: Дрозда Г.Я., Гончаренка Д.Ф., Корінька І.В., Юрченко В.О., Піліграмма С.С., Коваленка О.М., Васильєва В.М., Hvitved-Jacobsen T., Vollertsen J. та інших. Теоретично розроблені методи мінімізації викидів H_2S з каналізаційних мереж практично не знайшли впровадження (окрім установок дегазаторів на каналізаційних мережах в м. Харкові) через високу вартість реагентів та необхідного обладнання. В умовах постійно зростаючих вимог щодо покращення стану екологічної безпеки атмосферного повітря в містах та зменшення концентрації в ньому токсичних речовин і сполук парникового ефекту, а також вимог до екологічної безпеки технічних об'єктів розробка системи управління екологічною безпекою газоподібних викидів з каналізаційних мереж є актуальною.

У **другому розділі** охарактеризовано об'єкти та методи експериментальних досліджень. Об'єктом досліджень були викиди сірководню з шахт каналізаційних мереж та їх вплив на екологічну безпеку атмосферного повітря. Для лабораторного моделювання процесів, що відбуваються в лотковій частини каналізаційних трубопроводів, використовувались лабораторні культиватори, закриті гумовими пробками з трубками для відведення газоподібних речовин у підключену воду для уловлювання сірководню. Культиватори заповнювались стічною водою або модельними стоками, а для інокуляції використовувались каналізаційні осади, що утворюються в системах водовідведення. В стічних водах контролювали: рН – електрометрично, окислювально-відновний потенціал (ОВП, Eh) – електрометрично (за електродом порівняння), концентрацію сірководню – фотокolorиметрично з диметилпарафенілендіаміном. Аналіз газових середовищ у підсклепіневому просторі каналізаційних колекторів виконано за допомогою універсального переносного газоаналізатора УГ-2, аналізатора «ДОЗОР» та шахтного інтерферометра ШІ-11. Розрахунок розсіювання сірководню, що викидається з каналізаційних шахт в атмосферне повітря над містом Харковом, виконано за допомогою програми «ЕОЛ+». У процесі обробки експериментальних даних використано статистичні методи, у процесі математичного планування лабораторних експериментів – методи математичного моделювання, регресійний аналіз, а також програми Word, Excel, MathCAD, Corel Draw. Під час розробки комп'ютерної програми та клієнтського додатка «Моніторинг газоподібних викидів з каналізаційних мереж» застосовувались наступні засоби програмування, а саме: MySQL, PHP, HTML, CSS, jQuery, JavaScript, Bootstrap, Ymaps API.

Третій розділ присвячено експериментальному дослідженню процесів утворення сірководню в стічних водах та накопичення в газоподібному середовищі колекторів, чинників, які сприяють таким процесам, а також практичному застосуванню сучасних методів зниження температури стічних вод. У результаті проведення лабораторних експериментів досліджено вплив на накопичення сірководню в стічній воді наступних факторів: температури стічної води (T , °C); ОВП водного середовища (Eh, мВ); тривалості інкубації, (t, год.). Як свідчать результати дослідження (рис. 1), максимальна швидкість накопичення сірководню в стічній воді спостерігалась при найвищій температурі інкубації (+28 °C), не дивлячись на те, що його розчинність у випадку підвищення температури води зменшується, причому, у випадку підвищення температури середовища на 10 °C,

концентрація H_2S в стічній воді збільшувалася приблизно в 2 рази, що узгоджується з законами кінетики мікробіологічних процесів. Із збільшенням ОВП середовища концентрація H_2S в стічній воді стало зменшувалась (рис. 2). У процесі проведення лабораторних експериментів розглянуто по три рівні кожного фактора: температури, ОВП, тривалості інкубації, та проведено повний факторний експеримент типу 2^k (табл. 1).

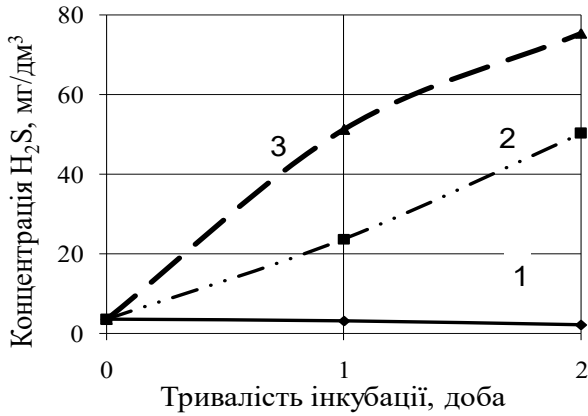


Рисунок 1 – Вплив температури на накопичення H_2S в стічних водах: 1 – $T 6\text{ }^{\circ}C$, 2 – $T 18\text{ }^{\circ}C$, 3 – $T 28\text{ }^{\circ}C$

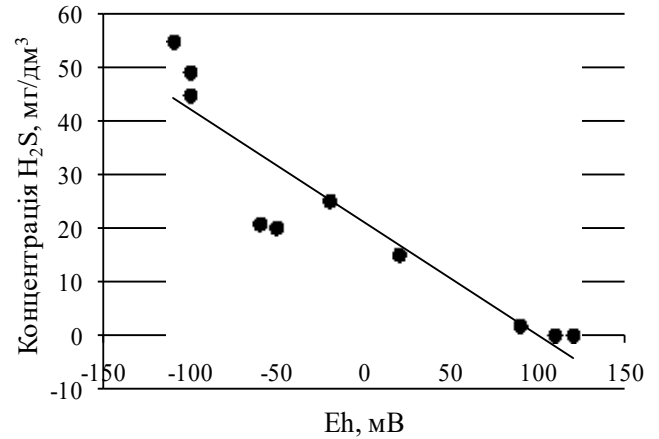


Рисунок 2 – Вплив Eh середовища на накопичення H_2S в стічних водах

Таблиця 1 – План проведення трьохфакторного експерименту

Характеристика	$T, ^{\circ}C$	Eh, мВ	t, час
Основний рівень	17	90	25,5
Інтервал варіювання	11	90	22,5
Верхній рівень	28	120	48
Нижній рівень	6	-60	3

З урахуванням ефектів взаємодії основних компонентів математична модель ефекту придушення утворення сірководню в стічних водах ($E_o, \%$) визначається за рівнянням 1:

$$E_o = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + b_{12} X_1 X_2 + b_{13} X_1 X_3 + b_{23} X_2 X_3, \quad (1)$$

де b_i – невідомі коефіцієнти регресійного рівняння; X_1, X_2, X_3 – безрозмірні кодовані змінні, що приймають значення ± 1 .

Значення коефіцієнтів регресійного рівняння визначається за методом найменших квадратів. З урахуванням отриманих значень коефіцієнтів регресійне рівняння має вигляд:

$$E = 68,08 - 15,08 X_1 + 8,28 X_2 - 7,08 X_3 - 1,25 X_1 X_2 - 0,75 X_1 X_3 + 0,417 X_2 X_3 \quad (2)$$

Для проведення регресійного аналізу виконано:

1 Перевірку рівняння на відтворюваність відповідно до критерію Кохрена:

$$G_{розр.} \leq G_{max.}; G_{розр.} = 0,339, G_{max.} = 0,516, (0,339 < 0,516).$$

2 Розрахунок коефіцієнтів регресії і перевірку їх на значимість відповідно до критерію Стьюдента: $|b| \geq S_b \times t_{кр.}$. Остаточне регресійне рівняння має вигляд:

$$E = 68,08 - 15,08 X_1 + 8,58 X_2 - 7,08 X_3 - 1,25 X_1 X_2.$$

3 Перевірку на рівняння адекватність відповідно до критерію Фішера:

$$F_p \leq F_{кр}, F_p = 2,677; F_{кр} = 3,01; (2,677 < 3,01).$$

Отже, отримане регресійне рівняння є адекватним.

Як видно з регресійного рівняння, під час варіювання трьох основних екологічних факторів (T , Eh , t), що впливають на активність утворення H_2S у процесі сульфатредукції, найбільш значущим параметром є температура.

У відомих математичних моделях розвитку сульфатредуючих мікробних популяцій в стічних водах і накопичення сірководню в атмосфері підсклепіненого простору вплив температурного фактора враховувався з використанням мультиплікативного коефіцієнта:

$$K_t = 10^{k_T(T - T_{opt.})}, \quad (3)$$

де k_T – температурний коефіцієнт – 0,02-0,03; T – температура середовища, °С; $T_{opt.}$ – оптимальна температура середовища, °С.

Даний вираз описує вплив температури на розвиток мікробної популяції (в нашому випадку сульфатредуючої) або ж її ферментативної активності, але не враховує вплив температури стічних вод на розчинність сірководню. А під час зниження температури стічних вод розчинність сірководню підвищується, а, отже, зменшується його надходження з стічної рідини в газоповітряне середовище.

Виходячи з розрахунків, виконаних за математичною моделлю накопичення сірководню в атмосфері підсклепіненого простору (рис. 3), в умовах достатньої щільності популяції сульфатредуючих бактерій в стічній воді, під час зниження її температури на 7 °С концентрація H_2S в атмосфері підсклепіненого простору зменшується приблизно на 33%. Зниження температури води на 7 °С (від 20 до 13 °С), призводить до підвищення розчинності сірководню від 3,8 до 5,2 г газу/кг води, тобто приблизно на 27%. Якщо підсумувати максимальні ефекти придушуючого впливу зниження температури на утворення сірководню в стічній воді та зниження його викиду в атмосферу за рахунок підвищення розчинності, то в цілому, концентрація H_2S в підсклепіненому просторі колекторів після зниження температури стічних вод, що транспортуються на 7 °С (від 20 до 13 °С, що практично найбільш ймовірно) знизиться приблизно на 51 %. Після зниження температури стічної води доля залишкового вмісту сірководню в атмосфері підсклепіненого простору ($ДЗВ_{п.п.}$) у відсотках від концентрації, яка була зафіксована до зниження температури, розраховується за формулою 4:

$$ДЗВ_{п.п.} = \frac{100 - a}{100} \cdot \frac{100 - b}{100} \cdot 100 = \frac{100 - 33}{100} \cdot \frac{100 - 27}{100} \cdot 100 = 49\%, \quad (4)$$

де a – ефект зниження концентрації H_2S в стічній воді внаслідок пригнічуючої дії зниження температури на метаболізм сульфатредуючих бактерій, 33 %; b – ефект затримання H_2S в стічній воді внаслідок зниження її температури, 27 %.

Залишкова концентрація H_2S в підсклепіненому просторі колекторів після зниження температури від вихідної розраховується за формулою 5:

$$ЗК_{п.п.} = \frac{C_{вих.} \cdot ДЗВ_{п.п.}}{100} \quad (5)$$

де $ЗК_{п.п.}$ – залишкова концентрація H_2S в підсклепіненому просторі колекторів після зниження температури від вихідної, мг/м³; $C_{вих.}$ – вихідна концентрація H_2S ,

мг/м³; ДЗВ_{п.п.} – доля залишкового вмісту сірководню в атмосфері підсклепіневого простору, %.

Таким чином, зниження температури стічної води на 7 °С суттєво знизить екологічну небезпеку газоподібних викидів сірководню з каналізаційних мереж для атмосферного повітря міських регіонів.

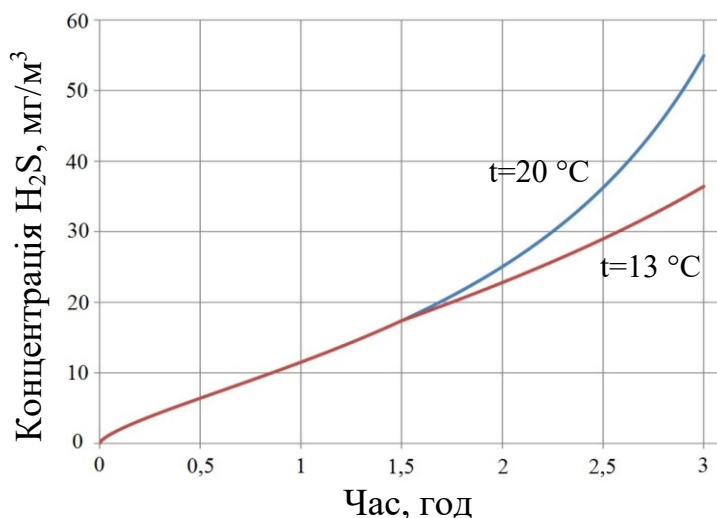


Рисунок 3 – Вплив температури стічних вод на накопичення H₂S в атмосфері підсклепіневого простору каналізаційних трубопроводів

Серед технічних способів, які можливо використовувати для охолодження стічних вод на ділянках каналізаційних мереж, найбільш ефективним і технічно доступним видається використання теплонасосного обладнання. В даний час застосування теплонасосного обладнання широко практикується на каналізаційних мережах як за кордоном, так і в Україні. Під час застосування теплонасосного обладнання температура стічних вод знижується на 6-8 °С. Дослідження показали, що застосування теплонасосного обладнання на каналізаційній насосній станції (КНС) в місті Харкові, яке сприяло зниженню температури стічної води, має суттєвий вплив на вміст H₂S в атмосфері підсклепіневого простору каналізаційного колектора, який розташовано на ділянці напірного трубопроводу після КНС (рис. 4).

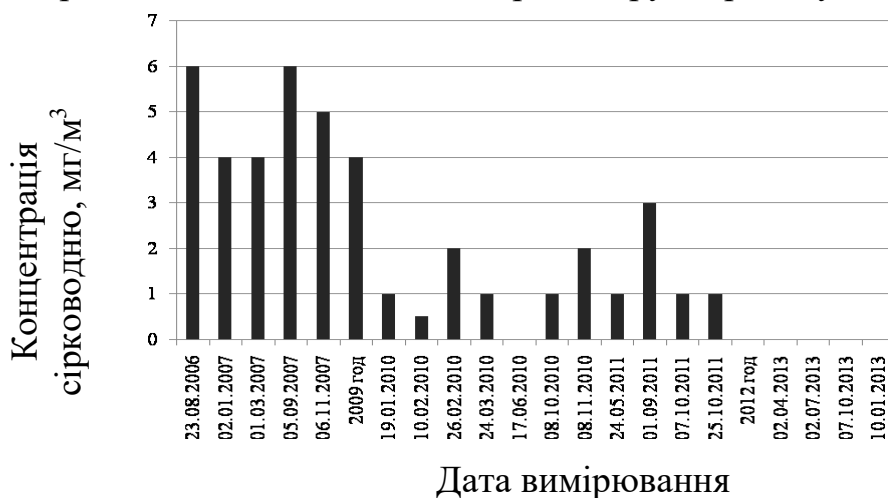


Рисунок 4 – Концентрації H₂S в підсклепіневому просторі колектора на КНС у м. Харкові

Як видно з графіка, зображеного на рис. 4, після встановлення в 2008 р. на КНС теплонасосного обладнання та зниження температури стічної води в

середньому на 7 °С концентрації H_2S в підсклепіневому просторі колектора зменшилися більш ніж на 50%, що кореспондується з даними, отриманими розрахунковим шляхом.

Четвертий розділ присвячений дослідженню викидів сірководню з каналізаційних мереж в атмосферне повітря м. Харкова, розрахунку їх розсіювання, методам і технічному обладнанню для захисту міського атмосферного повітря та еколого-економічній оцінці запропонованих природоохоронних заходів. Службами експлуатації каналізаційних мереж м. Харкова при вибірковому обстеженні каналізаційних колекторів через шахти вимірюється концентрація H_2S в підсклепіневому просторі колектора. Зазвичай, концентрація сірководню в викиді на виході з шахти є нижчою за ту, яка встановлюється в результаті обстеження трубопроводів. Зниження концентрації H_2S залежить від аеродинамічних умов, що визначають тягу на певній ділянці шахти, температури всередині шахти та зовнішньої температури, глибини шахти (що розглядається як висота) і т.д. Для усереднення використовувались вимірювання швидкості процесу корозії бетону в результаті біогенної сірчаної кислотної агресії по висоті деяких шахт на різних ділянках каналізаційного середовища. Швидкість процесу корозії є пропорційною концентрації H_2SO_4 , що утворюється з H_2S , а отже, і концентрації H_2S в газоповітряному середовищі. За допомогою отриманих даних було побудовано графік залежності (рис. 5), що кількісно відображує зниження концентрації сірководню в газоповітряному середовищі по висоті шахти – від склепіння каналізаційного колектора до кришки люка.

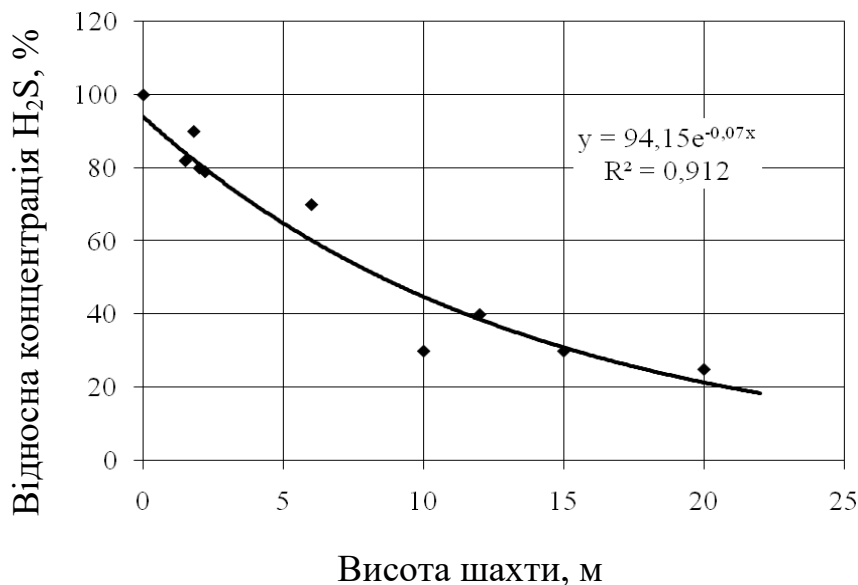


Рисунок 5 – Графік залежності зниження відносної концентрації H_2S в газоповітряному середовищі від висоти шахти

У дисертаційній роботі було розраховано очікувану концентрацію сірководню на виході з 62 шахт каналізаційної мережі м. Харкова, які підлягають контролю. На базі отриманих даних виконано розрахунок розсіювання сірководню, що викидається з 62 шахт, розташованих на території м. Харкова, в міське атмосферне повітря. Карту ізоліній розсіювання сірководню в атмосферному повітрі м. Харкова представлено на рис. 6.



Рисунок 6 – Карта розсіювання сірководню в атмосферному повітрі м. Харкова

Проведений розрахунок показав, що найбільш екологічно небезпечними районами за концентрацією сірководню в атмосферному повітрі, що викидається з каналізаційних шахт, є ділянки каналізаційних колекторів: Харківський, Північної групи заводів (Київський район м. Харкова), а також ділянка каналізаційного колектора ХТЗ (Індустріальний район). Безпечна зона (0,99 часток ГДК) в Київському районі розташовується на відстані приблизно 800 м від екологічно небезпечних каналізаційних шахт. Безпечна зона (0,99 часток ГДК) в Індустріальному районі розташовується на відстані приблизно 200 м від екологічно небезпечних каналізаційних шахт.

В якості об'єкта натурних обстежень було обрано ділянку колектора ХТЗ (Рис. 7).



Рисунок 7 – Досліджувана ділянка каналізаційного колектора ХТЗ

У натурних умовах визначено концентрації 5 газоподібних речовин в атмосфері підсклепіненого простору колекторів: діоксиду сірки (SO_2), сірководню (H_2S), оксиду вуглецю (CO), діоксиду вуглецю (CO_2) та метану (CH_4). На досліджуваній ділянці, найбільш значне перевищення ПДК_{р.з./м.р.} в газоподібному середовищі підсклепіненого простору каналізаційних трубопроводів (у десятки/тисячі разів) мав сірководень. Шахти №11 та 12 знаходяться надзвичайно близько до житлової забудови (від 35 до 50 м), а отже є найбільш екологічно небезпечними для міського атмосферного повітря та безпеки життєдіяльності населення, що мешкає в районі їх розташування. На шахтах №4 та №12 в 2014 р. КП «Харківводоканал» для захисту міської атмосфери від екологічно небезпечних викидів з каналізаційних мереж установило дегазатори (установки сухої хімічної фільтрації).

Для оцінки рівня екологічної небезпеки викиду H_2S з каналізаційних шахт для міського атмосферного повітря проведено розрахунок його розсіювання при викиді з обраної шахти №11 колектора ХТЗ. Карту розсіювання H_2S , що викидається з каналізаційної шахти №11, наведено на рис. 8.

Розрахунок розсіювання сірководню в досліджуваному районі показав, що в найближчій точці, яка знаходиться в житловій забудові (координати точки - по осі x: 83 м, по осі y: -42 м), концентрація сірководню становить $0,0013 \text{ мг/м}^3$, що в

1,59 раза перевищує ГДК_{м.р.}. Якщо на даному об'єкті впровадити теплонасосне обладнання та знизити температуру стічної води приблизно на 7 °С, то згідно з розрахунком розсіювання H₂S в найближчій точці, яка знаходиться в житловій забудові, концентрація H₂S зменшиться до 0,0063 мг/м³, що не перевищує ГДК_{м.р.} (0,79 часток ГДК).



Рисунок 8 – Карта розсіювання H₂S, що викидається з каналізаційної шахти №11

Розрахунок еколого-економічної ефективності впровадження теплонасосного обладнання на одному з технічних об'єктів каналізаційних мереж м. Харкова базується на зменшенні збитків, викликаних викидами сірководню з каналізаційних мереж та зменшенні викидів парникових газів за рахунок економії природного газу в результаті переходу технічного об'єкта каналізаційних мереж на альтернативне джерело опалення. За результатами розрахунків після впровадження теплонасосного обладнання розмір компенсації збитків за понаднормові викиди сірководню з однієї шахти знизиться на 50% та становитиме 1500 грн на одну шахту. Оскільки в межах дії ефекту охолодження стічних вод (приблизно 500-700 м) на колекторі знаходиться 13 шахт, то розмір компенсації збитків за понаднормові викиди сірководню на даній ділянці каналізаційної мережі становить 19496,75 грн. За рахунок економії природного газу на опалювання викиди парникових газів знизяться на 100%, що відповідає зменшенню збитків на 22931 грн. Економічний ефект за рахунок переходу об'єкту на альтернативний вид палива складе 1351542 грн. Сумарний економічний ефект від використання теплового насоса становить 1393969 грн. Строк окупності запропонованого рішення складає 3,25 року.

У **п'ятому розділі** представлено розроблені методологічні основи класифікації екологічної небезпеки шахт/колодязів каналізаційних мереж та визначення

пріоритетності впровадження природоохоронних заходів, а також розроблену комп'ютерну програму моніторингу газоподібних викидів з каналізаційних мереж. Запропоновано методику визначення класу екологічної небезпеки та експлуатаційної надійності окремої шахти/колодязя каналізаційних мереж, що базується на 4-ступевому ранжуванні кількісних характеристик 6 показників, які контролюються (табл. 2). Ступені ранжування класу небезпеки, що присвоюється каналізаційним шахтам: I клас - надзвичайно небезпечна шахта, II клас - високонебезпечна шахта, III клас - помірно небезпечна шахта, IV клас - малонебезпечна шахта. Ключовим фактором у класифікації є екологічна безпека населення та рівень забруднення атмосферного повітря саме на території житлової забудови.

Таблиця 2 – Визначення класу екологічної небезпеки шахти/колодязя каналізаційних мереж

Показник	Клас			
	I	II	III	IV
Відстань до житлової забудови, м	≤ 50	100	150	≥ 150
Концентрація H_2S в стічній воді, (мг/дм ³)	≥ 30	10–30	1–10	<1
Концентрація H_2S в атмосфері підсклепіневого простору колектора, (мг/м ³)	>100	50–100	10–50	1–10
Концентрація H_2S на виході з шахти, (мг/м ³)	≥ 10	5–10	1–5	0,1–1
Глибина дифузії біогенної сірчаної кислоти в залізобетон, (мм)	≥ 50	20–50	10–20	1–10
Швидкість корозії в залізобетон, мм/рік	>10	5–10	1–5	<1

Створена комп'ютерна програма «Моніторинг газоподібних викидів з каналізаційних мереж» дозволяє систематизувати накопичені дані, які довгі роки зберігалися на паперових носіях; автоматично створювати звіти та графіки динаміки показників; оновлювати бази даних; картувати; здійснювати облік об'єктів каналізаційного господарства; візуалізувати ділянки мережі, яка цікавить користувача, з усіма характеризуючими їх екологічними й експлуатаційними параметрами; переглядати та оновлювати фотоматеріали; на підставі оброблених даних установлювати пріоритетність об'єктів водовідвідної мережі, на яких необхідне впровадження природоохоронних заходів; прогнозувати їх аварійність і експлуатаційну надійність тощо.

Інтерфейс програми складається з головного меню, навігаційного блоку з переліком колекторів та шахт, карти м. Харкова з нанесеними на неї об'єктами каналізаційних мереж (рис. 9). На рис. 10 наведено інформаційне вікно з основними характеристиками та параметрами шахт на ділянці каналізаційної мережі з нанесеними шахтами, кольорова індикація екологічної небезпеки шахт для міського атмосферного повітря.

Завдяки використанню розробленої методології визначення класу екологічної небезпеки каналізаційних шахт та комп'ютерної програми встановлено класи

екологічної небезпеки шахт/колодязів на досліджуваній ділянці колектора ХТЗ, створено список пріоритетності об'єктів на даній ділянці, на яких є необхідним першочергове впровадження природоохоронних заходів, спрямованих на зниження викидів сірководню в міське атмосферне повітря, запропоновані варіанти розрахунків, що дозволяють здійснювати підтримку прийняття рішень у сфері екологічної безпеки.

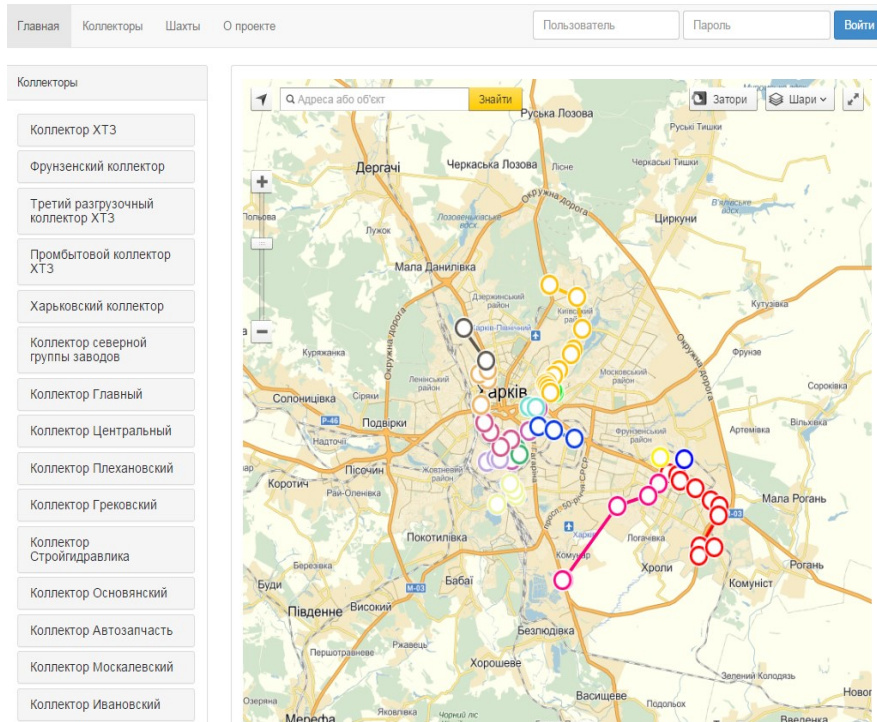


Рисунок 9 – Інтерфейс програми моніторингу газоподібних викидів із каналізаційних мереж

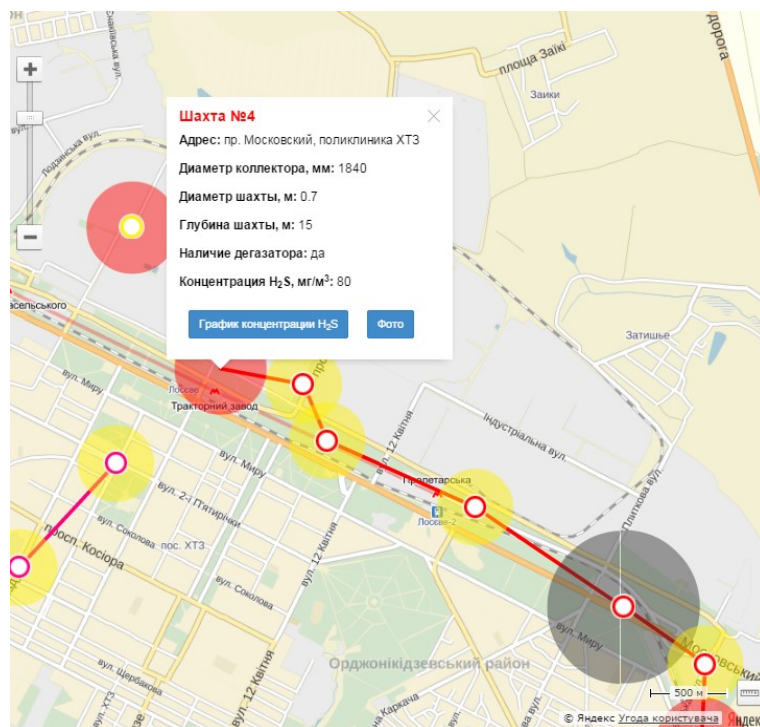


Рисунок 10 – Інформаційне вікно з основними характеристиками і параметрами шахт

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі поставлено та вирішено актуальне науково-практичне завдання – поліпшення показників екологічної безпеки транспортування стічних вод каналізаційними мережами за рахунок зменшення викидів сірководню в міське атмосферне повітря. Дане завдання вирішується шляхом придушення процесів утворення сірководню в стічних водах і його викидів у підсклепіневий простір каналізаційних трубопроводів та створення комп'ютерної програми для автоматизації постійного моніторингу газоподібних викидів із каналізаційних мереж.

1. Виконаний науковий аналіз проблеми газоподібних викидів із каналізаційних мереж показав, що найбільшу екологічну небезпеку серед них для міського атмосферного повітря створює вміст H_2S . В Україні відомі методи мінімізації викидів H_2S з каналізаційних мереж практично не впроваджуються й комп'ютерні програми моніторингу газоподібних викидів із таких технічних об'єктів також відсутні.

2. За даними лабораторних досліджень побудовано регресійне рівняння, що описує вплив на накопичення сірководню в підсклепіневому просторі каналізаційних колекторів трьох незалежних факторів: температури стічної води, її ОВП та тривалості інкубації, найбільш значущим із яких виявлено температуру. Розрахунки з використанням математичних моделей біохімічних процесів у каналізаційних мережах, їх хімічних та фізичних характеристик показав, що випадку зниження температури стічної води на $7\text{ }^\circ\text{C}$ ефект придушення накопичення H_2S в атмосфері підсклепіневого простору колекторів сягає 51%.

3. Для охолодження стічних вод на ділянках каналізаційних мереж як найбільш ефективний та технічно доступний засіб рекомендовано використовувати теплонасосне обладнання. Аналіз практичного досвіду його експлуатації на каналізаційній мережі м. Харкова показав, що в результаті зниження температури стічної води в середньому на $7\text{ }^\circ\text{C}$ концентрації H_2S в підсклепіневому просторі колектора зменшилися більше ніж на 50%.

4. На підставі даних експериментальних досліджень розроблено метод розрахункового визначення концентрації H_2S в газоподібному викиді на виході з каналізаційної шахти на підставі даних вимірювання концентрації H_2S в підсклепіневому просторі каналізаційного колектора. За даними багаторічного контролю вмісту H_2S в підсклепіневому просторі каналізаційних колекторів виконано розрахунок концентрацій H_2S в газоподібних викидах на виході з усіх 62 контрольних каналізаційних шахт м. Харкова. Розраховано розсіювання та побудовано ізолінії концентрацій сірководню в атмосфері м. Харкова й встановлено три найбільш екологічно небезпечні каналізаційні колектори в м. Харкові, викиди з яких на межі з житловою забудовою створюють концентрацію H_2S в атмосфері, яка перевищує $\text{ГДК}_{\text{м.р}}$.

5. Проведено еколого-економічний аналіз впровадження теплонасосного обладнання для зниження викиду газоподібних речовин з каналізаційних мереж з урахуванням плати за нормативний та понаднормативний викид сірководню, а також за непрямим показником - зниження викиду парникових газів у результаті

переходу технічного об'єкта на альтернативне джерело теплопостачання. Проведено розрахунок економічної ефективності проекту. Термін його окупності – 3,25 роки.

6. Запропоновано методологію визначення класу екологічної небезпеки та експлуатаційної надійності окремої шахти/колодязя каналізаційних мереж, що базується на 4-ступеневому ранжуванні кількісних характеристик 6 показників.

7. Створено та захищено авторським свідоцтвом комп'ютерну програму «Моніторинг газоподібних викидів з каналізаційних мереж», яка дозволяє систематизувати накопичені дані, автоматично створювати звіти, картувати та здійснювати облік об'єктів каналізаційного господарства, візуалізувати ділянки мережі, встановлювати пріоритетність об'єктів за необхідністю впровадження природоохоронних заходів. Розроблені рекомендації щодо автоматизації системи моніторингу газоподібних викидів із каналізаційних мереж та визначення класу небезпеки для міської атмосфери шахт/колодязів на каналізаційних мережах передано КП «Харківводоканал».

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у фахових виданнях

1. Коваленко А.В. Улучшение экологического состояния окружающей среды за счет использования альтернативных источников теплоснабжения / А.В. Коваленко, Е.С. Лебедева // Науковий вісник будівництва. – Х.: ХНУБА, ХОТВ, АБУ, 2012. – Вип.68. – С.292 – 297.

Особистий внесок здобувача: збір та аналіз науково-технічних матеріалів з використання теплових насосів на каналізаційних мережах.

2. Юрченко В.А. Газообразные соединения, создающие угрозу для экологической безопасности атмосферы города / В.А. Юрченко, А.В. Коваленко, Е.С. Лебедева и др. // Науковий вісник будівництва. – Х.: ХНУБА, ХОТВ, АБУ, 2012. – Вип.69. – С. 331 – 335.

Особистий внесок здобувача: збір та аналіз науково-технічних матеріалів щодо екологічної небезпеки газоподібних сполук, які викидаються з каналізаційних систем у міську атмосферу.

3. Коваленко А.В. Влияние температурного фактора на процесс накопления сероводорода в атмосфере канализационных сетей / А.В. Коваленко, Е.С. Лебедева, Е.В. Бригада и др. // Науковий вісник будівництва. – Х.: ХНУБА, ХОТВ, АБУ, 2013. – Вип.74. – С. 328 – 332.

Особистий внесок здобувача: аналіз науково-технічних матеріалів щодо впливу температури стічних вод на накопичення сірководню в каналізаційних трубопроводах.

4. Коваленко А.Н. Влияние охлаждения сточных вод на экологические и эксплуатационные характеристики водоотведения / А.Н. Коваленко, А.В. Коваленко, Е.С. Лебедева и др. // Комунальне господарство міст. Х.: ХНАМГ, 2014. – № 114. – С. 127 – 130.

Особистий внесок здобувача: дослідження температурного фактора та його роль в забезпеченні екологічної та експлуатаційної надійності водовідведення.

5. Юрченко В.А. Экологизация визуальной среды при сооружении природоохранных установок на системах водоотведения / В.А. Юрченко, О.А. Фоменко, Е.С. Лебедева и др. // Проблеми розвитку міського середовища: Наук.-техн. збірник. – К.: НАУ, 2014. – Вип. 1(11). – С. 112 – 119.

Особистий внесок здобувача: розробка пропозицій щодо поліпшення відеоекологічних характеристик природоохоронної установки – дегазатора.

6. Коваленко А.Н. Образование сероводорода – проблема эксплуатационной надежности и экологической безопасности водоотведения / А.Н. Коваленко, Е.С. Лебедева, В.А. Юрченко и др. // Науковий вісник будівництва. – Х.: ХНУБА, ХОТВ, АБУ, 2014. – Вип.77. – С. 218 – 223.

Особистий внесок здобувача: експериментальне встановлення кінетичних показників та математичне моделювання мікробіологічних процесів утворення сірководню та його корозії в каналізаційних мережах.

7. Юрченко В.О. Захист міського середовища від екологічно небезпечної емісії сірководню з споруд водовідведення / Юрченко В.О., Лебедева О.С., Бойко С.В. та ін. // Технології та дизайн. Електрон. наук. фах. вид. / Київ. нац. ун-т технологій та дизайну. – Київ, 2015. – №2 (15). С. 1 – 10.– Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/td_2015_2_16.

Особистий внесок здобувача: експериментальне дослідження накопичення сірководню в стічних водах та в газоподібному середовищі каналізаційних колекторів, розрахунок розсіювання сірководню у міській атмосфері.

8. Самохвалова А.И. Построение математической модели природоохранных технологий на основании экспериментального исследования действия и взаимодействия основных факторов / А.И. Самохвалова, Е.С. Лебедева, В.А. Юрченко // Науковий вісник будівництва. – Х.: ХНУБА, ХОТВ, АБУ, 2016. – Вип.1(83). – С.207 – 210.

Особистий внесок здобувача: математичне моделювання ефективності природоохоронних заходів.

Статті в виданнях, що обліковуються в наукометричних базах даних

9. Iurchenko V. Environmental Safety of the Sewage Disposal by the Sewerage Pipelines / V. Iurchenko, E. Lebedeva, E. Brigada // Procedia Engineering. – 2016. – Volume 134. – P. 181 – 186. – Режим доступу: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705816000618>.

Особистий внесок здобувача: розробка методики визначення концентрації сірководню на виході з каналізаційної шахти, експериментальні вимірювання концентрацій сірководню в підсклепіневому просторі колектора, розрахунок розсіювання сірководню в атмосферному повітрі, розробка комп'ютерної програми моніторингу сірководню.

Статті в інших збірниках

10. Юрченко В.А., Лебедева Е.С. Экологически опасные газообразные соединения в системах отведения и очистки городских сточных вод / В.А. Юрченко, Е.С. Лебедева // Экологическая и техногенная безопасность. Охрана водного и воздушного бассейнов. Утилизация отходов / Сб.научн. трудов XX юбилейной Междунар. научно-технич. конф. // Под ред. к.т.н. В.Ф. Костенко, к.ю.н. С.В. Разметаева: УкрВОДГЕО – Х. Изд-во «САМ», 2012.– С. 123 – 128.

Особистий внесок здобувача: аналіз науково-технічних даних про викиди екологічно небезпечних газоподібних речовин із каналізаційних систем.

11. Юрченко В.А. Повышение безопасности водоотведения бетонными канализационными коллекторами / В.А. Юрченко, Е.В. Бригада, А.В. Коваленко и др. // Матеріали XII міжнародної науково-технічної конференції «Безпека життя і діяльності людини – освіта, наука, практика», 15-17 травня 2013 р., Одеса, Одеський

національний університет, 2013. – С. 291 – 294.

Особистий внесок здобувача: аналіз науково-технічних даних щодо аварій на каналізаційних трубопроводах у результаті сульфатної корозії бетону та забруднення сірководнем атмосферного повітря.

12. Корнейчук В.В. Формирование благоприятной визуальной среды сооружений природоохранных установок на системах водоотведения / В.В. Корнейчук, А.Е. Семенов, Е.С. Лебедева и др. // Эколого-правові та економічні аспекти екологічної безпеки регіонів. Матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції за участю молодих науковців. – Х.: ХНАДУ, 2013. – С. 391 – 395.

Особистий внесок здобувача: розробка рішень щодо гармонізації з оточуючим середовищем установок дегазації на каналізаційних мережах.

13. Коваленко А.В., Лебедева Е.С. Повышение экологической безопасности канализационных систем за счет использования альтернативных источников энергии / А.В. Коваленко, Е.С. Лебедева // Ресурсосбережение и энергоэффективность инженерной инфраструктуры урбанизированных территорий: Материалы Международной научно-технической интернет-конференции. – Харьков: ХНАГХ, 2013. – С. 118 – 121.

Особистий внесок здобувача: аналіз використання теплових насосів для зниження викидів екологічно небезпечних газоподібних сполук з каналізаційних мереж.

14. Коваленко А.Н. Влияние охлаждения сточных вод на экологические и эксплуатационные характеристики водоотведения / А.Н. Коваленко, В.А. Юрченко, А.В. Коваленко и др. // «Вода. Экология. Общество»: Материалы IV Международной научно-технической конференции. – Харьков: ХНУГХ имени А.Н. Бекетова, 2014. – С. 73 – 76.

Особистий внесок здобувача: розрахунок кількісних показників та ефективності зниження температури стічних вод на утворення сірководню в каналізаційних мережах.

15. Юрченко В.А. Экологические и эксплуатационные проблемы транспортирования сточных вод бетонными трубопроводами водоотведения / В.А. Юрченко, А.В. Коваленко, Бригада Е.В. и др. // Сборник статей XVII конференции молодых ученых «Наука – будущее Литвы» Инженерия транспорта и организация перевозок, Вильнюс, Литва, 2014. – С. 134 – 137.

Особистий внесок здобувача: розрахунок ефективності придушення утворення сірководню при зниженні температури стічних вод.

16. Юрченко В.А. Интерактивное экологическое картографирование накопления сероводорода в канализационных сетях г. Харькова / В.А. Юрченко, Е.С. Лебедева // Экология и рациональное природопользование агропромышленных регионов: сб. докл. II Международной молодежной научной конференции, 1-3 октября 2014 г. / БГТУ. – Белгород: изд-во БГТУ, 2014. – Ч.2. – С. 139–142.

Особистий внесок здобувача: розробка комп'ютерної програми моніторингу газоподібних викидів з каналізаційних мереж.

17. Бойко С.В. Влияние окислительно – восстановительных условий на образование сероводорода в сточных водах / С.В. Бойко, А.О. Ярошенко, Е.С. Лебедева и др. // Экология и рациональное природопользование

агропромислових регіонів: сб. докл. II Міжнародної молодіжної наукової конференції, БГТУ. – Белгород: изд-во БГТУ, 2014. – Ч.2. – С.16 – 18.

Особистий внесок здобувача: експериментальне дослідження впливу окислювально-відновних умов на утворення сірководню в стічних водах.

18. Юрченко В.А. Экологические и эксплуатационные проблемы, создаваемые образованием сероводорода в трубопроводах водоотведения / В.А. Юрченко, А.В. Коваленко, Е.В. Бригада и др. / Материалы Международной научно-практической конференции «Современные проблемы водного хозяйства, инженерно-коммуникационных систем и экология». – Баку, Азербайджан, 14-15 апреля 2014. – С. 215 – 218.

Особистий внесок здобувача: вибір ефективного методу для придушення утворення сірководню в каналізаційних мережах.

19. Юрченко В.О., Лебедева О.С. Автоматизоване екологічне картографування накопичування сірководню в каналізаційних мережах м. Харкова / В.О. Юрченко, О.С. Лебедева // Ресурсозбереження і хіміко-екологічні проблеми технологічних процесів. Матеріали I Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції. – Харків: ХНАДУ, 2014. – С. 193–195.

Особистий внесок здобувача: розробка автоматичної системи моніторингу газоподібних викидів на каналізаційних мережах.

20. Лебедева Е.С. Количественная оценка влияния температурного фактора на накопление сероводорода в подводящем пространстве канализационного коллектора / Е.С. Лебедева, В.А. Юрченко, С.В. Свергузова // Вестник Казанского технологического университета: М-во образ. и науки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2014. – Т.17, №24. – С. 141 – 143.

Особистий внесок здобувача: розрахунок кількісних показників впливу температурного фактора на накопичення сірководню в каналізаційних колекторах за математичними моделями.

21. Лебедева Е.С. Программное обеспечение мониторинга газообразных выбросов из шахт/колодцев систем водоотведения с использованием ГИС-технологий / Е.С. Лебедева, В.А. Юрченко // Экология и рациональное природопользование агропромышленных регионов: сб. докл. III Междунар. молодежной науч. конф., 10–11 нояб. 2015 г. / Белгор. гос. технол. ун-т. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. – Ч.1.– С. 242–244.

Особистий внесок здобувача: розробка програмного забезпечення моніторингу газоподібних викидів із каналізаційних мереж.

22. Юрченко В.А. Автоматизация мониторинга газообразных выбросов из сетей водоотведения для повышения экологической безопасности городской атмосферы / В.А. Юрченко, Е.С. Лебедева // Прикладні аспекти техногенно-екологічної безпеки: збірник матеріалів I Міжнародної науково-практичної конференції / Національний університет цивільного захисту України. – Х.: НУЦЗУ, 2015. – С. 149–150.

Особистий внесок здобувача: розробка сучасної комп'ютерної програми екологічно небезпечних газоподібних сполук з каналізаційних мереж.

23. Бойко С.В. Кинетика утворення екологічно небезпечного сірководню в різних середовищах / С.В. Бойко, А.О.Ярошенко, В.О. Юрченко та ін.// Матеріали I Міжнародної науково-практичної конференції студентів, магістрантів та аспірантів «Галузеві проблеми екологічної безпеки», присвяченої 85-річчю ХНАДУ. – Харків, 2015. – С.154 – 156.

Особистий внесок здобувача: експериментальне вимірювання концентрацій газоподібних сполук на каналізаційних мережах, дослідження впливу температурного фактора на накопичення сірководню в стічних водах.

24. Юрченко В.О. Відеоекологічні аспекти установок дегазації на каналізаційних мережах / В.О. Юрченко, О.О. Фоменко, О.С. Лебедева // Екологія візуальності: стратегії, концепти, проекти. Матеріали IV Всеукраїнської науково-практичної конференції (8-10 жовтня 2015 року). – Черкаси, 2015. – С. 207 – 211.

Особистий внесок здобувача: аналіз ефективності роботи дегазаторів на каналізаційних мережах та гармонізація цих установок у міському середовищі.

25. Коваленко А.Н. Использование методов математического моделирования для прогноза накопления сероводорода в подводящем пространстве канализационных сетей / А.Н. Коваленко, С.С. Пилиграмм, В.А. Юрченко и др. // Виробничо-практичний журнал „Водопостачання та каналізація”. – К.: ТОВ “ПРАЙМ-ПРІНТ”, 2015. – №1. – С. 21 – 25.

Особистий внесок здобувача: кількісна оцінка впливу зниження температури стічних вод при використанні теплового насоса на каналізаційних мережах.

26. Лебедева О.С. Сучасні технології мінімізації газоподібних викидів з каналізаційних мереж / О.С. Лебедева // Инновационные пути модернизации базовых отраслей промышленности, энерго- и ресурсосбережение, охрана окружающей природной среды: сборник научных трудов V Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов.– Харьков: ГП «УкрНТЦ «Энергосталь», 2016. – С. 92 – 101.

Тези виступів на конференціях

27. Лебедева Е.С. Повышение экологической безопасности канализационных систем за счет использования альтернативных источников энергии / Е.С. Лебедева, А.В. Коваленко, В.А. Юрченко // Охорона навколишнього середовища та раціональне використання природних ресурсів. Збірка доповідей XXIII Всеукраїнської наукової конференції аспірантів і студентів. Т.2 – Донецьк: ДонНУ, 2013. – С. 92 – 93.

Особистий внесок здобувача: запропонування теплонасосних систем для підвищення екологічної безпеки каналізаційних мереж.

28. Корнейчук В.В. Природоохранные установки в дизайне городской среды / В.В. Корнейчук, Е.С. Лебедева, Д.О. Дунская // Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування. Матеріали II Міжнародної наукової конференції студентів, магістрантів та молодих вчених. – ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2013. – С. 97 – 98.

Особистий внесок здобувача: розробка дизайнерського рішення для природоохоронних установок.

29. Юрченко В.А. Экологизация визуальной среды при сооружении природоохранных установок на системах водоотведения // В.А. Юрченко, О.А. Фоменко, Е.С. Лебедева и др. // Міське середовище – XXI сторіччя. Архітектура. Будівництво. Дизайн: Тези доповідей I Міжнародного науково-практичного конгресу, м. Київ, 10-14 лютого 2014 р. / відп. ред. О.А. Трошкіна. – К.: НАУ, 2014. – С. 43 – 44.

Особистий внесок здобувача: поліпшення відеоекологічних характеристик установок очистки газоподібних викидів на каналізаційних мережах.

30. Лебедева О.С. Екологічне картографування накопичування сірководню, що знижує експлуатаційний ресурс об'єктів в каналізаційних мережах м. Харкова / О.С. Лебедева, І.А. Міхеєв, Ю.С. Левашова // *Методи підвищення ресурсу міських інженерних інфраструктур. Тези за матеріалами VI Всеукраїнського наукового семінару.* – Харків: ХНУБА, 2014. – С. 56–58.

Особистий внесок здобувача: аналіз науково-технічних даних щодо картографування сірководню та розробка новітніх технологій щодо системи моніторингу.

31. Бойко С.В. Экологически опасные газообразные соединения в канализационных сетях г. Харькова / С.В. Бойко, А.А. Ярошенко, Е.С. Лебедева и др. // *Матеріали VI Міжнародної науково-методичної конференції «Безпека людини в сучасних умовах» / упоряд.: В.В. Березуцький, Є.О. Лаптева.* – Х.: Вид-во ТОВ „Щедра садиба плюс”, 2014. – С. 157 – 159.

Особистий внесок здобувача: натурні вимірювання газової фази у підсклепіневому просторі каналізаційних колекторів м. Харкова.

32. Коваленко А.В. Розробка автоматизованої інтерактивної карти систем каналізації м. Харкова / А.В. Коваленко, О.С. Лебедева, О.В. Лук'янов // *Тези доповідей 69-ї науково-технічної конференції Харківського національного університету будівництва та архітектури.* – Харків: ХНУБА. – 2014. – С. 78.

Особистий внесок здобувача: розробка автоматизованої інтерактивної карти вмісту сірководню в системах каналізації м. Харкова.

33. Коваленко А.В. Розсіювання в міському середовищі газоподібного сірководню, що викидається з каналізаційних мереж / А.В. Коваленко, О.С. Лебедева, О.В. Лук'янов // *Тези доповідей 70-ї науково-технічної конференції Харківського національного університету будівництва та архітектури.* – Харків: ХНУБА. – 2015. – С. 43.

Особистий внесок здобувача: розрахунок розсіювання сірководню від каналізаційних шахт в атмосфері житлової забудови м. Харкова.

34. Лебедева Е.С. Концептуальная модель информационной системы мониторинга, созданной для повышения эксплуатационной надежности объектов канализационных сетей / Е.С. Лебедева, И.А. Михеев, Ю.С. Левашова // *Тези за матеріалами VII Всеукраїнської наукової конференції «Методи підвищення ресурсу міських інженерних інфраструктур».* – Харків: ХНУБА, 2015. – С. 136 – 138.

Особистий внесок здобувача: розробка концептуальної моделі інформаційної системи моніторингу газоподібних викидів з каналізаційних мереж.

35. Юрченко В.О. Екологічні та експлуатаційні наслідки утворення сірководню у стічних водах, що транспортуються каналізаційними мережами / В.О. Юрченко, О.С. Лебедева // *Збірник матеріалів IV Міжнародного конгресу «Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування».* – Львів, 21 – 23 вересня 2016 року. – 2016. – С. 16.

Особистий внесок здобувача: розробка методу розрахунку концентрацій сірководню, що надходить з підсклепінєвого простору каналізаційних трубопроводів через шахти в міське середовище, розрахунок розсіювання сірководню.

Авторські свідоцтва

36. А.с. 63542 України. Комп'ютерна програма «Моніторинг газоподібних викидів з каналізаційних мереж» / В.О. Юрченко, І.А. Міхеєв, О.С. Лебедева. – Оpubл. 17.11.2015.

Особистий внесок здобувача: розробка комп'ютерної програми моніторингу газоподібних викидів з каналізаційних мереж, наповнення бази даних.

АНОТАЦІЯ

Лебедева О.С. Захист атмосферного повітря від забруднення викидами сірководню з каналізаційних мереж. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека. – Сумський державний університет Міністерства освіти і науки України, Суми, 2017.

Дисертацію присвячено вирішенню актуального науково-практичного завдання – поліпшенню показників екологічної безпеки транспортування стічних вод каналізаційними мережами за рахунок зменшення викидів сірководню в міське атмосферне повітря шляхом придушення процесів утворення сірководню в стічних водах і його викидів у підсклепіневий простір каналізаційних трубопроводів та створенню автоматизованої системи моніторингу газоподібних викидів із каналізаційних мереж. Визначено, що з трьох незалежних факторів накопичення сірководню в підсклепінєвому просторі каналізаційних колекторів найбільш значущим є температура, в разі зниження якої на 7 °С викид сірководню знижується приблизно на 51 %. Розроблено метод розрахункового визначення концентрації H₂S в газоподібному викиді на виході з каналізаційної шахти на підставі даних вимірювання концентрації H₂S в підсклепінєвому просторі каналізаційного колектора, виконано розрахунок концентрацій H₂S в газоподібних викидах на виході з усіх контрольних каналізаційних шахт м. Харкова, розраховано розсіювання та побудовано ізолінії концентрацій сірководню в атмосфері м. Харкова й установлено три найбільш екологічно небезпечні каналізаційні колектори міста Харкова. Розроблено комп'ютерну програму «Моніторинг газоподібних викидів з каналізаційних мереж», яку передано КП «Харківводоканал».

Ключові слова: каналізаційні мережі, екологічна безпека, сірководень, захист атмосфери, температурний чинник, тепловий насос, дегазатори, автоматизований моніторинг.

АННОТАЦИЯ

Лебедева Е.С. Защита атмосферного воздуха от загрязнения выбросами сероводорода из канализационных сетей. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 21.06.01 – экологическая безопасность. – Сумской государственной университет Министерства образования и науки Украины, Сумы, 2017.

Диссертационная работа посвящена решению актуальной научно-практической задачи - улучшению показателей экологической безопасности транспортировки сточных вод канализационными сетями путем снижения выбросов сероводорода в городской атмосферный воздух.

Выполненный научный анализ экологической проблемы, создаваемой

газообразными выбросами из канализационных сетей, показал, что наибольшую экологическую опасность среди них для городской атмосферы создает содержание сероводорода. В Украине известные методы минимизации выбросов H_2S из канализационных сетей практически не внедряются и компьютерные программы мониторинга газообразных выбросов из этих технических объектов также отсутствуют. Экспериментальные исследования выполнялись в натуральных условиях на объектах канализационных сетей г. Харькова и в лабораторных условиях. По данным лабораторных исследований построено регрессионное уравнение, описывающее влияние на накопление сероводорода в подсводовом пространстве канализационных коллекторов трех независимых факторов: температуры сточной воды, ОВП и продолжительности инкубации, из которых наиболее значимым является температура. Расчеты с использованием математических моделей биохимических процессов в канализационных сетях, их химических и физических характеристик показали, что при снижении температуры сточной воды на $7\text{ }^{\circ}\text{C}$ эффект подавления накопления H_2S в атмосфере подсводового пространства коллекторов достигает 51%.

Для охлаждения сточных вод на участках канализационных сетей в качестве наиболее эффективного и технически доступного средства рекомендуется использовать теплонасосное оборудование. Анализ практического опыта его эксплуатации на канализационной сети г. Харькова показал, что в результате снижения температуры сточной воды в среднем на $7\text{ }^{\circ}\text{C}$ концентрации H_2S в подсводовом пространстве коллектора уменьшились более чем на 50%. На основании данных экспериментальных исследований концентрации сероводорода в подсводовом пространстве коллекторов разработан метод расчетного определения концентрации H_2S в газообразном выбросе на выходе из канализационной шахты. Выполнен расчет концентраций H_2S в газообразных выбросах на выходе из всех 62 контрольных канализационных шахт г. Харькова. Рассчитано рассеивание и построены изолинии концентраций сероводорода в атмосфере г. Харькова и установлены три наиболее экологически опасных канализационных коллектора, выбросы из которых на границе с жилой застройкой создают концентрацию H_2S в атмосфере, превышающую ПДК_{м.р.}. Безопасная зона на данных участках канализационной сети находится на расстоянии 150-200 м.

Проведен эколого-экономический анализ внедрения теплонасосного оборудования для снижения выброса газообразных веществ из канализационных сетей с учетом платы за сверхнормативные выбросы сероводорода, а также косвенного показателя – снижение выброса парниковых газов в результате перехода технического объекта на альтернативный источник теплоснабжения. Проведен расчет экономической эффективности проекта и определен срок его окупаемости - 3,25 года.

Предложена методика определения класса экологической опасности и эксплуатационной надежности отдельной шахты/колодца канализационных сетей, основанная на 4-ступенчатом ранжировании количественных характеристик шести

показателей. Разработана компьютерная программа «Мониторинг газообразных выбросов из канализационных сетей», которая позволяет систематизировать накопленные данные, автоматически создавать отчеты, картировать и осуществлять учет объектов канализационного хозяйства, визуализировать участки сети, устанавливать приоритетность объектов по необходимости внедрения природоохранных мероприятий.

Ключевые слова: канализационные сети, экологическая безопасность, сероводород, защита атмосферы, температурный фактор, тепловой насос, дегазаторы, автоматизированный мониторинг.

SUMMARY

Lebedeva E.S. Ambient air protection against hydrogen sulfide emissions from sewer networks. – Manuscript rights.

A thesis for the degree of candidate of technical sciences, specialty 21.06.01 – ecological safety. – Sumy State University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Sumy, 2017.

This thesis aims to solve a pressing issue – improving environmental safety indicators of waste water transport in the sewerage network by reducing emissions of hydrogen sulphide into the city atmosphere, suppressing both the formation of hydrogen sulphide in the waste waters and its emissions into the underroof space of sewer pipelines; creating a computerized monitoring system of gaseous emissions from the sewerage networks.

It was determined that out of three independent factors of hydrogen sulphide buildup in the underroof space of sewage collectors the most important one is temperature. A 7°C temperature decrease gives about 51% reduction in hydrogen sulphide emissions.

There was developed a method to estimate the concentration of H₂S in the gaseous emissions at the shaft's orifice using the H₂S concentration measurements gathered in the underroof space of a sewage collector. They were carried out: calculations of H₂S concentration in the gaseous emissions at the shaft's orifice of all controlled shafts in Kharkiv; atmospheric dispersion. There were developed H₂S concentration isolines for Kharkiv. And three most ecologically dangerous sewage collectors in Kharkiv were determined. There were developed a computer program «Monitoring of gaseous emissions from sewerage networks», which was shared with municipal enterprise «Kharkivvodokanal».

Keywords: sewerage networks, ecological safety, hydrogen sulphide, protection of the atmosphere, temperature factor, heat pump, degasifiers, computerised monitoring.