

СНИЖЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ ВЫБРОСОВ СЕРОВОДОРОДА ИЗ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ СЕТЕЙ

Юрченко В.А., Лебедева Е.С., Коваленко А.В.

Харьковский национальный университет строительства и архитектуры
ул. Сумская, 40, 61002, г. Харьков
bjieknuca@gmail.com

Исследованы отдельные участки канализационного коллектора г. Харькова, где концентрация сероводорода в подсводовом пространстве в тысячи раз превышает ПДК с.с. Экологически опасное содержание сероводорода в атмосфере (1,59 ПДК с.с.) достигает жилой застройки. Установленный над шахтой дегазатор эффективно очищает газообразные выбросы. Разработаны дизайнерские решения, позволяющие гармонизировать дегазаторы на канализационных сетях с городской средой различного назначения. *Ключевые слова:* канализационные трубопроводы, сероводород, атмосфера, видеоэкология, дегазатор.

Зниження екологічної небезпеки викидів сірководню з каналізаційних мереж. Юрченко В.О., Лебедева О.С., Коваленко А.В. Досліджено деякі ділянки каналізаційного колектора м. Харкова, де концентрація сірководню в підсклепінєвому просторі в тисячі разів перевищує ГДК с.д. Екологічно небезпечний вміст сірководню в атмосфері (1,59 ГДК с.д.) сягає житлової забудови. Встановлений над шахтою дегазатор ефективно очищає газоподібні викиди. Розроблено дизайнерські рішення, що дозволяють гармонізувати дегазатори на каналізаційних мережах з міським середовищем різного призначення. *Ключові слова:* каналізаційні трубопроводи, сірководень, атмосфера, відеоекологія, дегазатор.

Reduction of environmental hazard of hydrogen sulfide emission from sewerage pipelines. Iurchenko V., Lebedeva E., Kovalenko A. Separate sections of the sewage collector in Kharkov, where concentration of hydrogen sulfide in the underroof space exceeds in thousands of times daily average MPC. Environmentally hazard level of hydrogen sulfide in the atmosphere (1,59 MPC p.p.) amounts housing developments. The degasifier, installed above the shaft efficiently rectifies gas releases. Design solutions are developed, which allow to harmonize degasifiers in sewerage nets with urban environment of different application. *Keywords:* sewage pipelines, hydrogen sulfide, atmosphere, videocology, degasser.

Транспортирование сточных вод трубопроводами водоотведения создает в населенных пунктах целый ряд рисков для экологической безопасности воздушных, водных и почвенных сред. Так, образование и выброс из канализационных сетей через шахты и колодцы газообразных соединений загрязняет атмосферу в прилегающих городских регионах, поскольку в этих выбросах concentra-

ция ряда соединений, главным образом, серосодержащих сероводорода, диоксида серы, меркаптана (МС), диметилсульфида (ДМС), превышают не только среднесуточную ПДК для населенных мест, но и ПДК для рабочей зоны. Самая высокая кратность превышения предельно допустимых концентраций (ПДК) в газообразных выбросах из канализационных сетей отмечена для сероводорода – высо-

котоксичного и химически активного соединения второго класса опасности (ПДК_{рабочей зоны} – 10, ПДК_{среднесуточная} – 0,008 мг/м³). Кроме того, накопление в эксплуатационных средах бетонных канализационных трубопроводов (сточной воде, подсводовом пространстве, конденсатной влаге на своде) сероводорода, его производных и продуктов окисления инициирует биогенную сернокислотную коррозию свода, кардинально снижающую эксплуатационную долговечность этих трубопроводов [1-6]. Самотечный

канализационный трубопровод – своеобразный биологический «реактор», в котором происходят спонтанные химические и микробиологические процессы. Именно они приводят к образованию в сточных водах газообразных соединений, которые выделяются в атмосферу подсводового пространства трубопроводов. Газообразные соединения накапливаются в подсводовом пространстве (табл. 1) и через открытые шахты и колодцы выбрасывается в городскую атмосферу [6].

Таблица 1

Химические соединения в атмосфере подсводового пространства трубопроводов водоотведения [6]

№ п/п	Соединение	Порядок концентрации по объему
1	Диоксид углерода	0,2-1,2 %
2	Углеводороды и их хлорпроизводные:	
	а. углеводороды, главным образом, алифатические C6-C14, C8-C12 (бензины)	до 500 ppm
	б. хлорпроизводные углеводородов, главным образом, трихлорэтилен, дихлорид этилена, тетрахлорид углерода	10-100 ppm
3	Сероводород	0,2-10 ppm
4	Пахучие газы и пары:	
	а. сульфиды (главным образом, меркаптан, ДМС, некоторые этилмеркаптаны)	10-50 ppb
	б. амины (главным образом, триметиламин и диметиламин, некоторые диэтиламины)	10-50 ppb
	в. альдегиды (главным образом, масляный альдегид)	10-100 ppb

Образование сероводорода в транспортируемых сточных водах происходит в результате микробиологического процесса диссимиляционной сульфатредукции (восстановление сульфатов с выделением сероводорода), которую осуществляют облигатно анаэробные сульфатредуцирующие бактерии. Активность образования сероводорода и его выделения в атмосферу

трубопровода зависят от многих факторов: ХПК сточных вод, соотношения концентрации сульфатов и ХПК, температура, pH и Eh сточных вод, турбулентности потока и др. Поэтому концентрация сероводорода в подсводовом пространстве различных участков колеблется очень существенно даже в течение суток [7]. Процессы выброса сероводорода через канали-

зационные шахты в городскую атмосферу и его рассеивания в ней изучены довольно ограничено, но отдельные расчеты и замеры свидетельствуют о высокой экологической опасности процесса для городской среды.

Для защиты городской атмосферы от загрязнения токсичными газообразными соединениями, выбрасываемыми из канализационных сетей, разработаны различные технические решения: подавление образования сероводорода в сточных водах, подавление элюирования этого газа из сточных вод в подсводовое пространство, очистка газообразных выбросов. На основании опыта КП «Харьковводоканал по эксплуатации газоочистных установок на канализационных сетях такие устройства защиты городской атмосферы рекомендованы современными нормативными документами Украины [8]. Однако, при размещении среди жилых зданий, парковых зон, рекреационных зон, а особенно – в районах города, которые имеют историческую ценность, такие дегазаторы создают острый зрительный дискомфорт – видеозагрязнение. В настоящее время во всем мире вопросом экологической безопасности визуальной среды уделяется особое внимание. Поэтому без гармонизации дегазаторов на канализационных сетях с существующей городской застройкой их использование в городах представляется экологически опасным.

Цель исследования – экспериментальная оценка экологической опасности для селитебных территорий города газообразных выбросов из канализационных трубопроводов г. Харькова, а также улучшение видеоэкологических характеристик дегазационных установок на канализационных сетях.

Методы исследования

Экспериментальные исследования проводили на участках канализационных сетей г. Харькова. Измерения концентрации сероводорода в атмосфере подсводового пространства проводили с помощью трех газоанализаторов: УГ-2, «Дозор», шахтный интерферометр ШИ-11. Полученные данные использовали для расчета концентрации сероводорода в газообразном выбросе согласно методике [9] и для расчета его рассеивания в атмосфере конкретных районов г. Харькова. Расчет рассеивания сероводорода выполняли с помощью программы «ЭОЛ +». В основе расчета используется ОНД-86 (Общесоюзный нормативный документ) «Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий».

Результаты исследований

Химический состав атмосферы подсводового пространства канализационных трубопроводов, установленный на различных канализационных шахтах г. Харькова, показаны в табл. 1. Как видно, самое значительное превышение ПДК_{р.з./с.с.} в газообразной среде подсводового пространства канализационных трубопроводов имеет сероводород. Шахты № 11 и 12, в подсводовом пространстве которых концентрация сероводорода достигает 31350 ПДК_{с.с.}, находятся чрезвычайно близко к жилой застройке (от 35 до 50 м).

Концентрация сероводорода в выбросе на выходе из шахты зависит от аэродинамических условий, определяющих тягу на данном участке, температуры внутри шахты, глубины шахты (которая рассматривается как высота) и т.д. Для усреднения этих

факторов за большой период эксплуатации (не менее 1 года) использовали данные измерения концентрации продукта окисления сероводорода – сульфатов в бетоне по высоте шахт на различных участках канализационной сети. С помощью полученных данных построили зависимость, которая позволяет по показателям концентрации H_2S в подсводовом пространстве кол-

лекторов рассчитывать его концентрацию в газообразном выбросе на выходе из канализационной шахты (рис. 1) [7]. С помощью полученной зависимости рассчитали концентрацию H_2S на выходе из шахты № 11 и определено рассеивание газообразных выбросов в районе расположения этой шахты. В качестве нормативного показателя принят ПДК с.с.

Таблица 2

**Концентрации экологически опасных газообразных соединений
вхподсводовом пространстве канализационного трубопровода
на участке коллектора г. Харькова**

Дата измерения	№ ш.	Концентрация газообразных соединений							
		SO_2 , мг/м ³	Кратность превыш. ПДКр.з./с.с доли ПДК	H_2S , мг/м ³	Кратность превыш. ПДКр.з./с.с доли ПДК	CO , мг/м ³	Кратность превыш. ПДКр.з./с.с доли ПДК	CO_2 , Об. %	CH_4 , Об. %
28.03.13	4	35	3,5/70	42,7	4,27/5337	0	-	0,57	0
15.05.13		35	3,5/70	137	13,7/17125	0	-	0,63	
04.07.13		35	3,5/70	126,6	12,6/15825	0	-	0,63	
08.08.13		35	3,5/70	188,1	18,8/23512	4,2	-	0,84	
28.03.13	6	0	-	7,6	-/950	0	-	0,38	0,1
15.05.13		0	-	12,6	1,26/1575	0	-	0,42	0,21
04.07.13		0	-	11,6	1,16/1450	0	-	0,42	0,2
08.08.13		35	3,5/70	17,8	1,78/2225	0	-	0,63	
01.02.13	8	0	-	4	-/500	0	-	0,2	0,2
28.03.13		0	-	6	-/750	0	-	0,2	0,4
15.05.13		0	-	6	-/750	0	-	0,2	0,4
04.07.13		0	-	12	1,2/1500	0	-	0,2	0,6
08.08.13		0	-	12	1,2/1500	0	-	0,4	0,4
01.02.13	10	35	3,5/70	10,4	0,4/1300	0	-	0,19	0
28.03.13		0	-	9,5	-/1188	0	-	0,57	0,4
15.05.13		0	-	8,4	-/1050	0	-	0,21	0,2
04.07.13		0	-	12,5	1,25/1563	0	-	0,62	0,4
08.08.13		35	3,5/70	20,9	2,9/2613	0	-	0,63	0,8
01.02.13	11	0	-	20	2/1500	0	-	0,2	0,2
28.03.13		0	-	18	1,8/2250	0	-	0,4	0,4
15.05.13		0	-	23	2,3/2875	0	-	0,4	0,4
04.07.13		0	-	24	2,4/3000	0	-	0,4	0,6
08.08.13		0	-	28	2,8/3500	0	-	0,4	0,6
01.02.13	12	35	3,5/70	52,1	5,21/6513	0	-	0,76	0,7
28.03.13		35	3,5/70	113,7	11,37/14213	3,9	-	0,76	0,6
15.05.13		35	3,5/70	36,9	3,69/4612,5	0	-	0,42	0,4
04.07.13		35	3,5/70	38	3,8/4750	0	-	0,63	0,2
08.08.13		35	3,5/70	250,8	25,08/31350	0	-	1,25	1,2

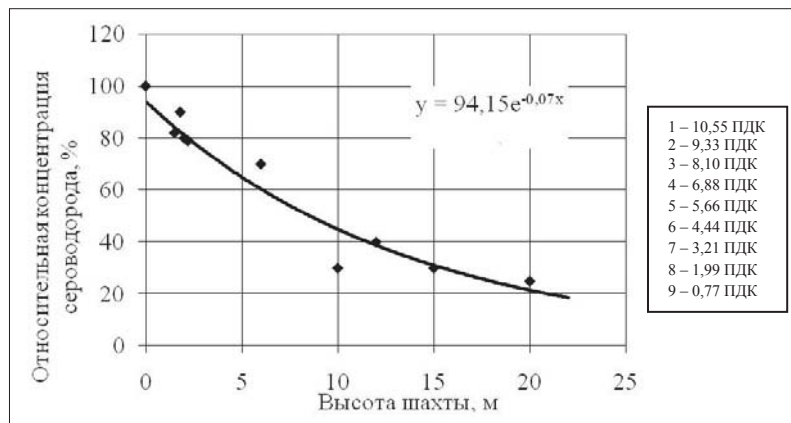


Рис. 1. Зависимость снижения относительной концентрации сероводорода в газо-воздушной среде от глубины (высоты) шахты

Карта рассеивания сероводорода, выбрасываемого из шахты № 11 в атмосферу конкретного городского района, представлена на рис. 2.



Рис. 2. Карта рассеивания сероводорода, выбрасываемого из канализационной шахты № 11 (Коллектор ХТЗ) в городскую атмосферу

Расчет рассеивания сероводорода в исследуемом районе показал, что в ближайшей точке, находящейся в жилой застройке (42 м), концентра-

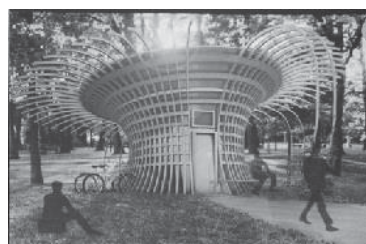
ция сероводорода равна $0,013 \text{ мг/м}^3$, что в 1,59 раза превышает ПДК с.с. Расстояние до экологически безопасной зоны составляет 105 м [7].

На шахте № 12 КП «Харьков-водоканал» для защиты городской атмосферы от экологически опасных выбросов из канализационных сетей установлен фильтр-дегазатор, который обеспечил удаления сероводорода на 98-100% [8]. Эту природоохранную установку можно отнести к малым архитектурным формам, которые в городской застройке загрязняют визуальную среду (рис. 3). Такая установка, расположенная в парковой зоне, создает острый зрительный дискомфорт. Без решения видеоэкологических проблем, вызываемых такими природоохранными сооружениями, их использование представляется экологически опасным. Методом опроса специа-

листов и студентов архитектурного факультета ХНУСА (250 человек) проведена балльная оценка установок дегазации, которые эксплуатируются в настоящее время (рис. 3) и дизайнерских решений, рекомендованных для этих установок (рис. 4) для гармонизации с окружающей средой (табл. 3). Оценка проводилась по 10-балльной шкале по 6 факторам: силуэт, ограничение высоты сооружения, цветовые решения, насыщенность окружающей среды, родство искусственной и естественной среды, создание замкнутых пространств [10-13]. Внешний вид существующих установок более чем в два раза лучше воспринимается людьми и гармонизируется с окружающей средой.



Рис. 3. Существующие в настоящее время установки сухой химической фильтрации в парковой зоне



а)



б)

Рис. 4. Дизайнерские решения, которые рекомендуются для установки дегазации:

а) парковая зона, б) зона жилой застройки

Выводы

Проведенные расчеты рассеивания сероводорода, выбрасываемого из

канализационных шахт, показали, что в зону сверхнормативного содержания сероводорода (ПДК с.с.) попадает

Таблица 3

**Бальная оценка визуальной гармонизации установки дегазации
окружающей средой**

№ п/п	Силует	Ограничение высоты сооружения	Колористические решения	Насыщенность окружающей среды	Родство искус- ственной и есте- ственной среды	Создание замкнутых пространств
Существующее положение	3	8	0	3	0	9
Проектное предложение	10	8	10	8	9	9

жилая застройка. Экологически безопасная зона находится на расстоянии 105-150 м от шахт. Установленный над шахтой дегазатор эффективно очищает газообразные выбросы из канализационной шахты, однако его визуальные характеристики создают видеозагрязе-

ние городской среды и отрицательно действуют на психо-физическое состояние населения. Разработаны дизайнерские решения, позволяющие гармонизировать дегазаторы на канализационных сетях с городской средой различного назначения.

Литература

1. Stein D. Rehabilitation and Maintenance of Drains and Sewers. 2001. Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Ruhr-University Bochum (RUB), Faculty of Civil Engineering. Germany. 804 p.
2. Дрозд Г.Я. Канализационные трубопроводы: надежность, диагностика, санация / Г.Я. Дрозд, Н.И. Зотов, В.Н. Маслак. – Донецк: ИЭП НАН Украины, 2008. – 260 с.
3. Stuetz R. Odours in Wastewater Treatment / R. Stuetz, F-B. Frechen.: Published by IWA Publishing, London SW1H 0QS. – 2001. – 437 p.
4. Zhang L., De Schryver P., De Gussem B. et.al. Chemical and biological technologies for hydrogen sulphide emission control in sewer systems. 2008. [Химические и биологические технологии для снижения выбросов сероводорода в канализационных системах]. A review. Water Research. № 42. PP. 1-12.
5. В.М. Васильев. Разрушение канализационных тоннелей и сооружений на них вследствие микробиологической коррозии / В.М. Васильев, Г.А. Панкова, Ю.В. Столбихин // Водоснабжение и санитарная техника. – 2013. – № 9. – С. 68–6.
6. George Simon, Charles Alix, and Vincente Arrebola. Odor Control – Solutions for Managing Emissions from Wastewater Treatment Facilities // FLORIDA WATER RESOURCES JOURNAL. – 2010. – Vol. 7, № 2. – P. 32–34.
7. 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.
8. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. ДБН В.2.5 – 75:2013. – [Чинний від 01.01.2014]. – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівниц-

- тва та житлово-комунального господарства України, 2013. – 207 с. – (Державні будівельні норми України).
9. Бригада Е.В. Мониторинг показателей эксплуатации водоотводящих сооружений из железобетона: дисс. кандидата техн. наук: 05.23.04 / Бригада Е.В. – ХНУСА. – Харьков, 2013. – 168 с.
 10. V. Iurchenko. 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>.
 11. Видеоэкология архитектурной среды: монография / С.Г. Чечельницкий, О.А. Фоменко; ХНАГХ. – Х.: ХНАГХ, 2012. – 372 с.
 12. Маклаков А.Г. Общая психология. – СПб.: Питер, 2000. – 200 с.
 13. Юрченко В.А., Фоменко О.А., Лебедева Е.С., Корнейчук В.В. Экологизация визуальной среды при сооружении природоохранных установок на системах водоотведения // Проблеми розвитку міського середовища: Наук.-техн. збірник / – К.: НАУ, 2014. – Вип. 1 (11). – С. 112 – 119.