

ВИЗНАЧЕННЯ САНІТАРНО-ЗАХИСНОЇ ЗОНИ КАНАЛІЗАЦІЙНОЇ НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ**П. А. Пацурковський, Л. І. Лейбович**Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
вул. Героїв України, 9, м. Миколаїв,**Е. М. Кащєєв**ЗАТ «Миколаївський Дімпромїст»
вул. Лягіна 4/5, м. Миколаїв

Визначено умови експлуатації каналізаційних насосних станцій, при яких слід приймати заходи щодо зниження валових викидів сірководню на КНС до значень, які забезпечують концентрацію H_2S не більше $0,008 \text{ мг/м}^3$ на межі санітарно-захисної зони, що визначається ДСП 173-96. Шляхом математичного моделювання проведено дослідження розсіювання сірководню в атмосферному повітрі поблизу КНС-1 в м. Вознесенськ з урахуванням метеорологічної обстановки. Верифікацію результатів моделювання розсіювання сірководню в атмосферному повітрі виконано на основі експериментальних досліджень. Експериментальні дослідження засновані на вимірі концентрації сірководню на межі санітарно-захисної зони каналізаційної насосної станції. Результати моделювання представлені у вигляді ізоліній концентрації сірководню на карті розташування КНС-1. Наведено графік, що відображає результати математичного моделювання та експериментальних вимірювань концентрації сірководню на межі санітарно-захисної зони каналізаційної насосної станції. В результаті математичного моделювання розсіювання сірководню в атмосферному повітрі біля КНС-1 м. Вознесенськ і даних експериментальних вимірювань концентрацій H_2S в нормованій ДСП 173-96 санітарно-захисній зоні встановлено, що концентрації H_2S не відповідають вимогам ДСП 201-97. Вперше показана необхідність введення в нормативні документи проектування і експлуатації каналізаційних насосних станцій вимоги вживання заходів щодо зниження концентрації сірководню в викидах витяжної вентиляції до значень, які забезпечують концентрацію сірководню в повітрі навколишнього середовища не більше $0,008 \text{ мг/м}^3$ на межі санітарно-захисної зони КНС. На основі методики ОНД-86 розроблена математична модель, що дозволяє оцінювати розсіювання сірководню з урахуванням метеорологічної обстановки і динаміки зміни валових викидів.

Ключові слова: сірководень, каналізаційна насосна станція, екологічна безпека, санітарно-захисна зона.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ САНИТАРНО-ЗАЩИТНОЙ ЗОНЫ КАНАЛИЗАЦИОННОЙ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ**П. А. Пацурковский, Л. И. Лейбович**Национальный университет кораблестроения имени адмирала С.О. Макарова
пр. Героев Украины, 9, г. Николаев, 54025**Е. М. Кащєєв**ЗАО «Николаевский Гипроград»
ул. Лягина 4/5, г. Николаев

Определены условия эксплуатации канализационных насосных станций, при которых требуется принятие мер по снижению валовых выбросов сероводорода на КНС до значений, обеспечивающих концентрацию H_2S не более $0,008 \text{ мг/м}^3$ на границе санитарно-защитной зоны, определяемой ДСП 173-96. Путем математического моделирования проведены исследования рассеивания сероводорода в атмосферном воздухе вблизи КНС-1 в г. Вознесенск с учетом метеорологической обстановки. Верификация результатов моделирования рассеивания сероводорода в атмосферном воздухе выполнено на основе экспериментальных исследований. Экспериментальные исследования основаны на замере концентрации сероводорода на границе санитарно-защитной зоны канализационной насосной станции. Результаты моделирования представлены в виде изолиний концентрации сероводорода на карте расположения КНС-1. Приведен график, отражающий результаты математического моделирования и экспериментальных замеров концентрации сероводорода на границе санитарно-защитной зоны канализационной насосной станции. В результате математического моделирования рассеивания сероводорода в атмосферном воздухе возле КНС-1 г. Вознесенска и данных экспериментальных замеров концентраций H_2S в нормируемой ДСП 173-96 санитарной защитной зоне установлено, что концентрации H_2S не соответствуют требованиям ДСП 201-97. Впервые показана необходимость введения в нормативные документы проектирования и эксплуатации канализационных насосных станций требования по выполнению мероприятий относительно снижения концентрации сероводорода в выбросах вытяжной вентиляции до значений, обеспечивающих концентрацию сероводорода в воздухе окружающей среды не более $0,008 \text{ мг/м}^3$ на границе санитарной защитной зоны КНС. На основе методики ОНД-86 разработана математическая модель, позволяющая оценивать рассеивание сероводорода с учетом метеорологической обстановки и динамики изменения валовых выбросов.

Ключевые слова: сероводород, канализационная насосная станция, экологическая безопасность, санитарно-защитная зона.

АКТУАЛЬНІСЬ РОБОТИ. З метою захисту населення від впливу шкідливих виробничих факторів (шум, пил, газоподібні та інші шкідливі викиди, що містять промислові отрути) навколо промислового об'єкту створюється санітарно-захисна зона (СЗЗ). СЗЗ – це зона розриву між промисловими підприємствами і найближчими житловими чи громадськими будинками. Згідно [1] каналізаційні системи і каналізаційні очисні споруди відносяться до об'єктів, що становлять підвищену екологічну небезпеку та можуть спричинити виникнення надзвичайної ситуації

техногенного або природного характеру. Каналізаційна насосна станція (КНС), як складова каналізаційної системи, також є об'єктом підвищеної екологічної небезпеки. Отже, будь-яка КНС повинна мати санітарно-захисну зону, котра забезпечувала б захист населення від впливу шкідливих виробничих факторів.

Згідно ДСП 173-96 [2] санітарно-захисна зона при розрахунковій продуктивності споруд для каналізаційних насосних станцій має наступні значення (табл.1).

Таблиця 1 – Санітарно-захисна зона каналізаційної насосної станції

Найменування споруди	Санітарно-захисна зона (м) при розрахунковій продуктивності споруд (тис. м ³ /доба)			
	до 0,2	від 0,2 до 5	від 5 до 50	від 50 до 280
КНС	15	20	20	30

Одночасно, для інших інженерних споруд господарсько-побутової каналізації найменше значення СЗЗ становить 150 м при розрахунковій продуктивності 0,2 тис. м³/добу і збільшується до 500 м при розрахунковій продуктивності більше 50 тис. м³/доба [2].

Виникає невідповідність між умовами експлуатації КНС та визначенням санітарно-захисної зони згідно ДСП 173-96, оскільки має місце значне перемішування каналізаційних стоків і висока кратність повітрообміну в ємності накопичення стоків, що призведе до значних викидів забруднюючих речовин у атмосферу.

ГДК сірководню в повітрі робочої зони становить 10 мг/м³. Шкідлива дія сірководню в суміші з легкими вуглеводнями збільшується, тому встановлена жорсткіша ГДК таких сумішей - 3 мг/м³. В атмосферному повітрі населених пунктів ГДК таких сумішей становить 0,008 мг/м³ [3].

В роботі [5] наведено дані по валовим викидам забруднюючих речовин від каналізаційних насосних станцій міста Владивосток. Зафіксовано, що від споруд каналізаційних мереж у атмосферне повітря надходять у значній кількості: оксид азоту, аміак, метан, метил меркаптан, сірководень, оксид вуглецю та етилмеркаптан.

Дані робіт [3,4] показують, що розрахунки СЗЗ біля каналізаційних насосних станцій необхідно проводити на підставі ГДК сірководню в суміші з легкими вуглеводнями, значення котрої складає 0,008 мг/м³.

Метою роботи є визначення на підставі аналізу умов експлуатації КНС та особливостей розсіювання сірководню у атмосферному повітрі необхідності виконання заходів по зниженню валових викидів сірководню на каналізаційних насосних станціях щодо забезпечення концентрації H₂S не більш 0,008 мг/м³ на границі санітарно-захисної зони згідно ДСП 173-96.

МАТЕРІАЛ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Визначення санітарно-захисної зони характеризується розрахунковою відстанню від джерела викидів до початку житлової зони, на котрій спостерігається мінімальний ступінь

небезпеки забруднення атмосферного повітря. Розрахунок забруднення атмосферного повітря з визначенням функціональної залежності концентрації забруднюючої речовини на відстані 2 метрів від поверхні землі в залежності від метеорологічних умов, швидкості вітру та інших параметрів навколишнього середовища можна виконати на основі методики [7].

За умови рівності температури газоповітряної суміші, що викидається, та температури оточуючого навколишнього атмосферного повітря розрахунок максимального значення приземної концентрації шкідливої речовини в результаті викиду газоповітряної суміші з одиночного точкового джерела з круглим гирлом визначається за формулою [7]:

$$c_m = \frac{AMFm\eta}{H^{7/3}} \quad (1)$$

де *A* – коефіцієнт, що залежить від температурної стратифікації атмосфери; *M* – маса сірководню, що викидається в атмосферу в одиницю часу, г/с; *F* – безрозмірний коефіцієнт, що враховує швидкість осідання шкідливих речовин в атмосферному повітрі; *m* – коефіцієнт, що враховує умови виходу газоповітряної суміші з гирла джерела викиду; *η* – безрозмірний коефіцієнт, що враховує вплив рельєфу місцевості; *H* – висота джерела викиду над рівнем землі.

Концентрація сірководню на деякій розрахунковій відстані *x* від джерела визначається за залежністю:

$$c_{mx} = S_1 c_m \quad (2)$$

де *S*₁ – безрозмірний коефіцієнт, що залежить від співвідношення *x*/*x*_м.

Одним з основних параметрів в методиці розрахунку розсіювання забруднюючих речовин [7] є значення валових викидів забруднюючих речовин. Для каналізаційних насосних станцій основною небезпечною забруднюючою речовиною є сірководень [4-6]. В роботі [8,9] отримана

Оцінка та прогнозування техногенного впливу на довкілля

сукупність основних рівнянь, яка дозволяє прогнозувати валові викиди сірководню при роботі насосної станції:

– регресійна залежність для розрахунку динаміки зміни концентрації сірководню в ємності накопичення КНС в залежності від часу роботи насоса;

– регресійна залежність накопичення сірководню в застійних каналізаційних стоках;

– регресійна залежність для розрахунку подачі насосів та місткості резервуарів каналізаційних стоків.

Визначення необхідної санітарно-захисної зони біля каналізаційної насосної станції виконано

шляхом розрахунку розсіювання викидів сірководню від КНС-1 міста Вознесенська на підставі методики [7] з урахуванням математичного моделювання. Також виконано ряд експериментальних вимірювань концентрацій сірководню на різних відстанях від КНС.

Згідно супутникової карти (рис.1) КНС-1 міста Вознесенськ розташована у лісопосадці. Поблизу КНС знаходяться два житлові масиви: перший – у південно-західному напрямку на відстані близько 160 м, другий – у північно-західному напрямку на відстані близько 200 м.

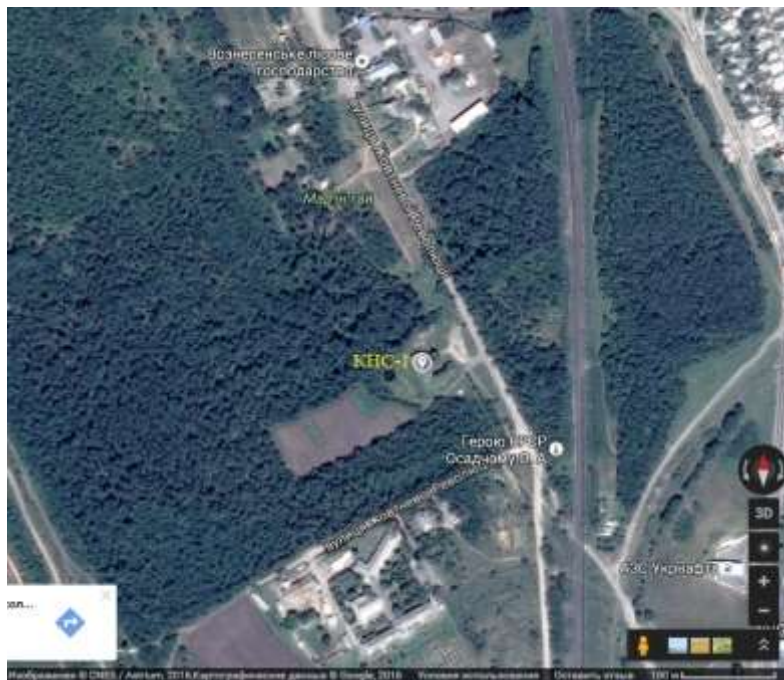


Рисунок 1 – Розташування КНС-1 у місті Вознесенськ

Отже, доцільно вивчити розсіювання сірководню в атмосфері в напрямку житлового масиву, розташованого на південь від КНС-1.

Для моделювання розсіювання сірководню у атмосфері поблизу КНС-1 були прийняті наступні вихідні дані:

- висота труби: $H = 15$ м;
- діаметр труби: $D = 0,5$ м;
- об'ємна витрата повітря в витяжній вентиляції КНС-1: $V=0,85$ м³/с;
- маса сірководню, що викидається в атмосферу в одиницю часу: $M=0,0025 \dots 0,25$ г/с.

Значення маси сірководню $M=0,25$ г/с, $M=0,20$ г/с, $M=0,15$ г/с та $M=0,10$ г/с отримані на підставі вивчення режимів роботи підприємств, від яких каналізаційні стоки надходять до КНС-1. Значення $M=0,05$ г/с та $M=0,0025$ г/с - прогнозовані значення при впровадженні заходів щодо зниження валових викидів сірководню на КНС.

Значення валових викидів сірководню $M=0,25$ г/с відповідає роботі КНС при номінальному навантаженні, при котрому на КНС надходять

каналізаційні стоки з шкіряного комбінату, сирзаводу та м'ясокомбінату. При цьому концентрація сірководню в повітрі прилеглого південного житлового масиву досягає $5,8$ мг/м³ (рис.2.а). Значення валових викидів сірководню $M=0,1$ г/с відповідає роботі КНС при частковому навантаженні, при котрому на КНС поступають каналізаційні стоки зі шкіряного комбінату. При цьому концентрація сірководню в повітрі прилеглого південного житлового масиву досягає $2,0-2,3$ мг/м³ (рис. 2.б). Але на КНС виконані заходи по зниженню вмісту сірководню у повітрі витяжної вентиляції КНС, завдяки чому забезпечується концентрація сірководню на рівні $5,0-6,0$ мг/м³. При цьому в результаті розсіювання концентрація сірководню у повітрі прилеглого південного житлового масиву досягає $0,05-0,06$ мг/м³ (рис.2.в). При зниженні концентрації сірководню у повітрі витяжної вентиляції КНС до $2,0-3,0$ мг/м³ концентрація сірководню у повітрі прилеглого південного житлового масиву не перевищує $0,008$ мг/м³.

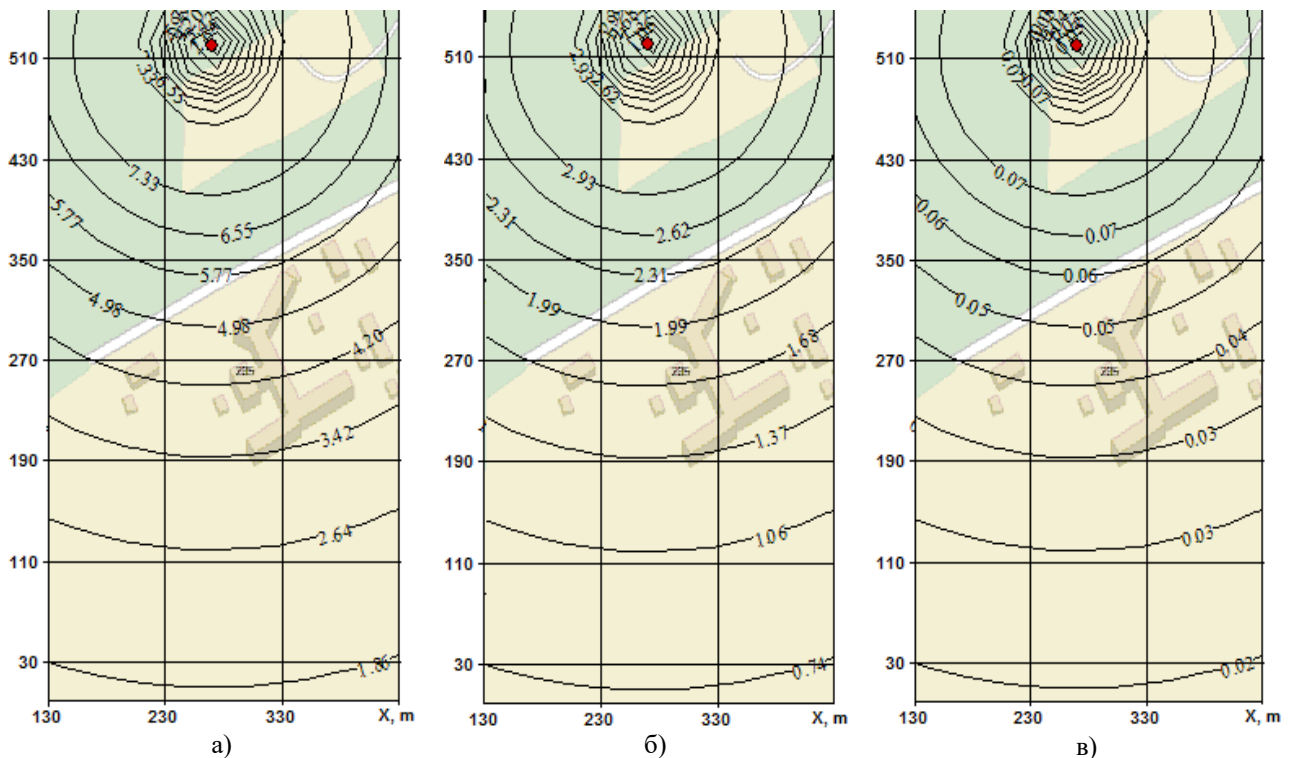


Рисунок 2 – Поля концентрацій сірководню у атмосферному повітрі при валових викидах:
а) $M=0,25$ г/с; б) $M=0,10$ г/с; в) $M=0,0025$ г/с

На рис. 3 наведено розрахункові значення концентрації сірководню у атмосферному повітрі на межі санітарно-захисної зони КНС-1, виконані відповідно [7], та результати експериментальних вимірювань.

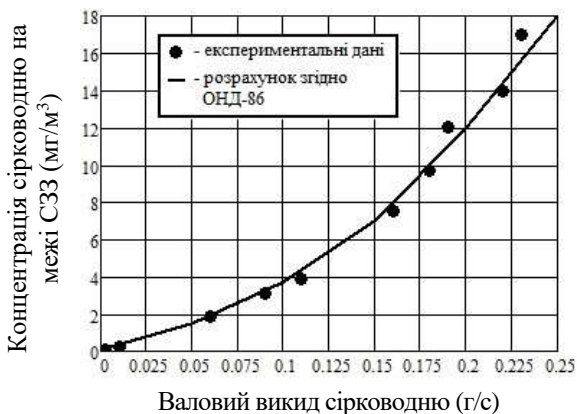


Рисунок 3 – Залежність концентрації сірководню в атмосферному повітрі на межі С33 (ДСП 173-96) від валових викидів сірководню на КНС

За результатами аналізу даних рис.3 встановлено, що відносна похибка розрахунків згідно ОНД-86 та експериментальних вимірювань не перевищує 10%. Отже, данні, наведені на рис.2, досить точно відображають динаміку розсіювання сірководню в атмосферному повітрі. Таким чином, розрахунки розсіювання шкідливих речовин на основі [7] можуть використовуватись для прогнозування санітарно-захисної зони біля джерел викидів шкідливих речовин.

Отримані розрахункові дані та результати експериментальних вимірювань для КНС-1 міста Вознесеньск добре узгоджуються з даними роботи [10].

Згідно [9] концентрація сірководню у житлових районах правобережної частини міста Дніпро може досягати $0,072$ $\text{мг}/\text{м}^3$. Таким чином має місце наявне перевищення ГДК при 24-годинному впливі майже у 10 разів далеко за межами С33 каналізаційної насосної станції.

ВИСНОВКИ. В результаті проведених досліджень отримано наступне:

1. Санітарно-захисна зона згідно ДСП 173-96 при розрахунковій продуктивності споруд для каналізаційних насосних станцій не відповідає Державним санітарним правилам охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними і біологічними речовинами) ДСП 201-97.
2. Оцінка екологічної безпеки життєдіяльності населення поблизу КНС-1 міста Вознесеньск відповідно забруднення навколишнього середовища сірководнем показала вкрай незадовільний стан.
3. Для забезпечення ГДК сірководню на рівні $0,008$ $\text{мг}/\text{м}^3$ на кожній КНС, розміщеній неподалік житлових масивів, необхідне впровадження заходів щодо зниження валових викидів сірководню в навколишнє середовище.
4. Для попередньої оцінки стану екологічної безпеки КНС можна рекомендувати проведення розрахунків розсіювання сірководню на підставі ОНД-86 з подальшими експериментальними дослідженнями концентрацій сірководню у

Оцінка та прогнозування техногенного впливу на довкілля

характерних точках поблизу КНС з метою визначення доцільності та обсягу заходів щодо зниження валових викидів сірководню в навколишнє середовище.

ЛІТЕРАТУРА

1. Про перелік видів діяльності та об'єктів, що становлять підвищену екологічну небезпеку [Електронний ресурс]: постанова КМУ від 27 липня 1995 р. №554. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/go/554-95-п>.

2. ДСП 173-96 Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/REG1404.html

3. Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними і біологічними речовинами): ДСП 201-97 // Збірка важливих офіційних матеріалів з санітарних і протиепідемічних питань. – Т.5, ч.3. – К.: Либідь. – 1996. – С. 229-269.

4. Лыков О.П., Голубева И.А. Охрана окружающей среды при обслуживании технологических насосов и насосных станций // Учебное пособие для машинистов технологических насосов, персонала насосных станций. – М.: Ноосфера, 2000. – 72 с.

5. Лосева Я.П., Гриванова С.М., Мищенко Я.В. Эффективность рассеивания испарений от резервуаров канализационных очистных сооружений города Владивостока //

Фундаментальные исследования № 11 (часть 3). – Москва, 2013. – С. 1383-1388.

6. Sivret E., Le-Minh N., Wang B., Wang X., Stuetz R., Impact of sewer emission dynamics on monitoring campaign design, Chemical Engineering Transactions, (2014), 40, pp. 43-48. DOI: 10.3303/CET1440008.

7. Расчет концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий // ОНД-86, Госкомгидромет. – Л.: Гидрометеиздат. – 1987. – 68 с.

8. К вопросу прогнозирования выделения сероводорода в окружающую среду при работе КНС / Л.И. Лейбович, Ю.В. Помазкин, П.А. Пацурковский // IV Международная Научная экологическая конференция на тему: «Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства. – Краснодар. – Кубанский госагроуниверситет, 2015. Часть 1. – С. 563-567.

9. Плачков С.Ф. Стан атмосферного забруднення промислово-урбанізованого міста та його гігієнічна оцінка // Питання експериментальної та клінічної медицини: Збірник статей. – Донецьк, 2008. – Вип. 12, Т. 2. – С. 150-158.

10. Лейбович Л.И, Пацурковский П.А. Моделирование динамики поступления сероводорода в окружающую среду при работе канализационной насосной станции // Вестник Кременчугского национального университета имени Михаила Остроградского. – Кременчуг: КрНУ. – 2016. – Выпуск 3 (98), часть 1. – С. 100-105.

DETERMINATION OF SEWAGE PUMPING STATION SANITARY PROTECTION ZONE

P. Patsurkovskiy, L. Leibovich

Admiral Makarov National University of Shipbuilding
pr. Geroev Ukrainy, 9, Nikolaev, 54025, Ukraine. E-mail: recycle.lev@gmail.com

E. Kascheev

CJSC "Nikolaevskiy Gipograd"
vul. Lyagina 4/5, Nikolaev

Purpose. The conditions of sewage pumping stations operation, that require implementation measures for reducing total emissions of hydrogen sulfide to the concentration value no more than 0,008 mg/m³ on the border defined by DSP 173-96 were determined. **Methodology.** Studies of hydrogen sulfide dissipation in the atmosphere near the SPS-1 in the Voznesensk city were conducted by mathematical modeling taking into account the meteorological conditions. The mathematical model considers the dynamics of hydrogen sulfide gross emissions formation during pumps operation depending on the pump running time, the conditions of hydrogen sulfide accumulation in sewage and sewage volume. The verification of mathematical modeling results performed on the basis of experimental studies. The experimental studies are based on measuring hydrogen sulfide concentration on the border of sanitary protection zone at sewage pumping station. **Results.** Mathematical modeling results are presented in the form of hydrogen sulfide concentration isolines on the SPS-1 location map. Graph depicting results of mathematical modeling and experimental measurements of the hydrogen sulfide concentration on the border of sanitary protection zone of sewage pumping station is shown. Research has indicated that the hydrogen sulfide concentration in sanitary protection zone normalized by DSP 173-96 does not correspond to the requirements of DSP 201-97. **Originality.** It was shown the necessity of introduction in the normative documents for sewage pumping stations design and operation the requirements for the implementation of measures to reduce the hydrogen sulfide concentration in the exhaust ventilation emissions to the values providing the hydrogen sulfide concentration in the ambient air no more than 0,008 mg/m³ at the border of sanitary protection zone. **Practical value.** The mathematical model based on the OND-86 allows estimating the dispersion of hydrogen sulfide taking into account the meteorological conditions and the level of hydrogen sulfide gross emissions. *References 10, no tables, figures 3.*

Key words: hydrogen sulfide, sewage pumping station, environmental safety, sanitary protection zone.

REFERENCES

1. "About the list of kinds of activity and objects of high environmental hazard" [Electronic resource]: CMU resolution of 27 July 1995 №554. – Available at: <http://zakon.rada.gov.ua/go/554-95-п>.
2. "DSP 173-96 The state sanitary rules of settlements planning and building" [Electronic resource]. – Available at: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/REG1404.html.
3. "The state sanitary rules of settlements air protection (from pollution by chemical and biological substances): DSP 201-97" *Zbirka vazhlivikh ofitsiynikh materialiv z sanitarnikh i protiepidemichnikh pitan*, Vol. 5 (part 3), pp. 229–269, – Kiev, Ukraine.
4. Lykov O.P., Golubeva I.A. (2000), "Environmental protection of technologic pumps and pumping stations during servicing" *Uchebnoe posobie dlya mashinistov tekhnologicheskikh nasosov, personala nasosnykh stantsiy*, Noosfera, Moscow, Russia.
5. Loseva Ya.P., Grivanova S.M., Mishchenko Ya.V. (2013), "Efficiency of vapors dissipation from the tanks of sewage treatment facilities in the Vladivostok city" *Fundamentalnye issledovaniya*, no. 11 (part 3), pp. 1383-1388, Moscow, Russia.
6. Sivret E., Le-Minh N., Wang B., Wang X., Stuetz R. (2014), "Impact of sewer emission dynamics on monitoring campaign design". *Chemical Engineering Transactions*, no. 40, pp. 43-48.
7. "Calculation of concentrations in ambient air of harmful substances contained in the industrial emissions (OND-86)" (1987), Goskomgidromet, USSR.
8. Leybovich L.I., Pomazkin Yu.V., Patsurkovskiy P.A. (2015), "To the question of forecasting hydrogen sulfide releases into the environment during SPS operation" *IV Mezhdunarodnaya Nauchnaya Ekologicheskaya Konferentsiya na temu: «Problemy rekultivatsii otkhodov byta, promyshlennogo i selskokhozyaystvennogo proizvodstva»*. Krasnodar. Kubanskiy gosagrouniversitet. pp. 563-567.
9. Plachkov S.F. (2008), "State of the atmospheric pollution of industrial-urbanized city and its hygienic evaluation" *Pitannya eksperimentalnoi ta klinichnoi meditsini: Zbirnik statey*, no.12 (vol. 2), pp. 150-158, Donetsk, Ukraine.
10. Leybovich L.I., Patsurkovskiy P.A. (2016), "Modeling of hydrogen sulfide dynamic inflow in the environment during sewage pumping station operation" *Visnik KrNU*, no.3 (part 1), pp. 100-105, Kremenchuk, Ukraine.