

УДК 628.2:502/504](477.73-21)(043.2)

DOI <https://doi.org/10.32782/pcsd-2022-3-3>

Людмила ГРИГОР'ЄВА

доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри екології, Чорноморський національний університет імені Петра Могили, вул. 68 Десантників, 10, м. Миколаїв, Україна, 54003

ORCID: 0000-0001-9452-2982

Олена МАКАРОВА

старший викладач кафедри екології, Чорноморський національний університет імені Петра Могили, вул. 68 Десантників, 10, м. Миколаїв, Україна, 54003

ORCID: 0000-0001-8560-5145

Анна АЛЕКСЄЄВА

кандидат технічних наук, доцент кафедри екології, Чорноморський національний університет імені Петра Могили, вул. 68 Десантників, 10, м. Миколаїв, Україна, 54003

ORCID: 0000-0003-0345-8538

Бібліографічний опис статті: Григор'єва, Л., Макарова, О., Алексєєва, А. (2022). Екологічні поллютанти системи дощової каналізації м. Миколаєва. *Проблеми хімії та сталого розвитку*, 3, 19–25, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2022-3-3>

ЕКОЛОГІЧНІ ПОЛЮТАНТИ СИСТЕМИ ДОЩОВОЇ КАНАЛІЗАЦІЇ М. МИКОЛАЄВА

Стаття присвячена дослідженню хімічного складу і кількісного об'єму надходження полютантів до Бузького лиману з каналізаційними дощовими стоками м. Миколаєва. Як відомо, каналізаційні стоки підприємств промисловості і комунального господарств несуть загрозу суттєвого додаткового навантаження на обмежені регіональні водні ресурси. В першу чергу занепокоєність викликають неконтрольовані стоки дощової каналізації. У м. Миколаєві зареєстровано 49 дощових стоків, з яких 19 мають пряме скидання у відкриті водойми.

Метою роботи виступали дослідження хімічного складу і об'єму каналізаційних дощових міських стоків до Бузького лиману. Матеріалами дослідження виступали результати хімічних аналізів проб води з чотирьох дощових каналізаційних стоків м. Миколаєва, виконаних у 2021 р. Додано матеріали хімічних аналізів проб води з п'яти дощових каналізаційних стоків м. Миколаєва у 1997 р.

Доведено, що у стоках дощової каналізації м. Миколаєва до Бузького лиману присутні фосфати, нафтопродукти, азот нітритний. Кратність перевичень гранично-допустимих концентрацій складає: за біологічним споживанням кисню у 14-37 разів; нітритів у 10-39 разів; хімічного споживання кисню у 7-18 разів. Показано, що з дощовими стоками у Бузький лиман потрапляють свинець, нікель, залізо, мідь, хром, цинк. Наднормативне забруднення дощових вод важкими речовинами пов'язано із забрудненням території пилом, землею, глиною тощо. Наднормативне забруднення нафтопродуктами, важкими металами пов'язано з експлуатацією автотранспорту та промислових підприємств. Показано, що за частину речовин, які забруднюють дощову каналізацію (фосфати, нітрати) здебільшого відповідають самовільні підключення господарсько-побутової та промислової каналізації. Перспективами подальших досліджень є дослідження сорбційної можливості донних відкладень щодо утримання полютантів та оцінка екологічної ємності донних відкладень Бузького лиману.

Ключові слова: стоки дощової каналізації, забруднення, полютанти, Бузький лиман.

Ljudmila HRYHORIEVA

Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Ecology, Petro Mohyla Black Sea National University, 68 Desantnykiv str., 10, Mykolaiv, Ukraine, 54003

ORCID: 0000-0001-9452-2982

Olena MAKAROVA

Senior Lecturer at the Department of Ecology, Petro Mohyla Black Sea National University, 68 Desantnykiv str., 10, Mykolaiv, Ukraine, 54003

ORCID: 0000-0001-8560-5145

Anna ALEKSIEIEVA

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Ecology, Petro Mohyla Black Sea National University, 68 Desantnykiv str., 10, Mykolaiv, Ukraine, 54003

ORCID: 0000-0003-0345-8538

To cite this article: Hryhor'ieva, L., Makarova, O., Aleksieieva, A. (2022). Ekolohichni poliyutanty systemy doshchovoi kanalizatsii m. Mykolaieva [Environmental pollutants of the rain sewer system mykolaiv city]. *Problems of Chemistry and Sustainable Development*, 3, 19–25, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2022-3-3>

ENVIRONMENTAL POLLUTANTS OF THE RAIN SEWER SYSTEM MYKOLAIV CITY

The article is devoted to the study of the chemical composition and quantitative volume of pollutants in the Bug estuary with sewage rainwater from Mykolaiv. It is known that sewage from industrial enterprises and utilities is threatened by a significant additional burden on limited regional water resources. Uncontrolled storm sewers are of particular concern. In the city Mykolaiv of 49 rain drains are registered, from which 19 have direct dumping in open reservoirs.

The aim of the work was to study the chemical composition and volume of urban stormwater runoff to the Bug estuary. The materials of the study were the results of chemical analyzes of water samples from four storm sewers in Mykolaiv, performed in 2021. Materials of chemical analyzes of water samples from five rainwater sewage in Mykolaiv in 1997 were added.

It is proved that in drains of the rain sewerage of Mykolaiv to the Bug estuary there are phosphates, oil products, nitrite nitrogen. The frequency of exceeding the maximum allowable concentrations is: for biological oxygen consumption in 14-37 times; nitrites 10-39 times; chemical oxygen demand 7-18 times. It is shown that lead, nickel, iron, copper, chromium, and zinc enter the Bug estuary with rainwater runoff. Excessive pollution of rainwater with suspended solids is associated with pollution of dust, soil, clay, etc. Excessive pollution with petroleum products and heavy metals is associated with the operation of vehicles and industrial enterprises.

It is shown that for some of the substances that pollute the rain sewer (phosphates, nitrates) are mostly responsible for unauthorized connections of domestic and industrial sewers. Prospects for further research are the study of the sorption capacity of bottom sediments for pollutant retention and assessment of the ecological capacity of bottom sediments of the Bug estuary.

Key words: storm sewer drains, pollution, pollutants, Bug estuary.

Актуальність проблеми. Розвиток регіону, який включає територіальні громади м. Миколаєва та прилеглих територій та територія якого відноситься до посушливої зони, а прісні водні ресурси якого обмежені і залежать, головним чином, від притоку з інших регіонів, потребує якісних і безпечних місцевих водних ресурсів р. Південного Бугу, р. Інгулу і Бузького лиману. На якість цих водних ресурсів впливають як глобальні кліматичні зміни, які призводять до підвищення температури водного середовища, так і чимале антропогенне навантаження (Дмитрієва 2013, 2015; Максименко, 2020). м. Миколаїв – це місто з населенням майже півмільйона людей. Каналізаційні стоки підприємств промисловості і комунального господарств несуть загрозу суттєвого додаткового навантаження на обмежені регіональні водні ресурси (Артющенко, 2006; Фельдштейн, 2020). В першу чергу занепокоєність викликають неконтрольовані стоки дощової каналізації (рис. 1). У м. Миколаєві зареєстровано 49 дощових сто-

ків, з яких 19 мають пряме скидання у відкриті водойми. А питання упорядкування в містах існуючого водовідведення відповідно до принципів створення систем водовідведення в країнах ЄС є нагальним до вирішення у багатьох містах нашої держави (Артющенко, 2006).

Мета дослідження: дослідити хімічний склад і об'єм каналізаційних дощових міських стоків до Бузького лиману.

Матеріали і методи дослідження. Матеріалами дослідження виступали:

– результати хімічних аналізів проб води з чотирьох дощових каналізаційних стоків м. Миколаєва, виконаних у 2021 р.;

– результати хімічних аналізів проб води з п'яти дощових каналізаційних стоків м. Миколаєва у 1997 р.

Відбір проб води у 2021 р. здійснено з чотирьох точок дощових стоків, які наведено на рис. 2.

Обрані для дослідження дощові стоки охоплюють всі типові міські території та джерела забруднення:



Рис. 1. Фото дощових зливних стоків, м. Миколаїв, Інгульський міст (а), район Яхт-клубу (б)

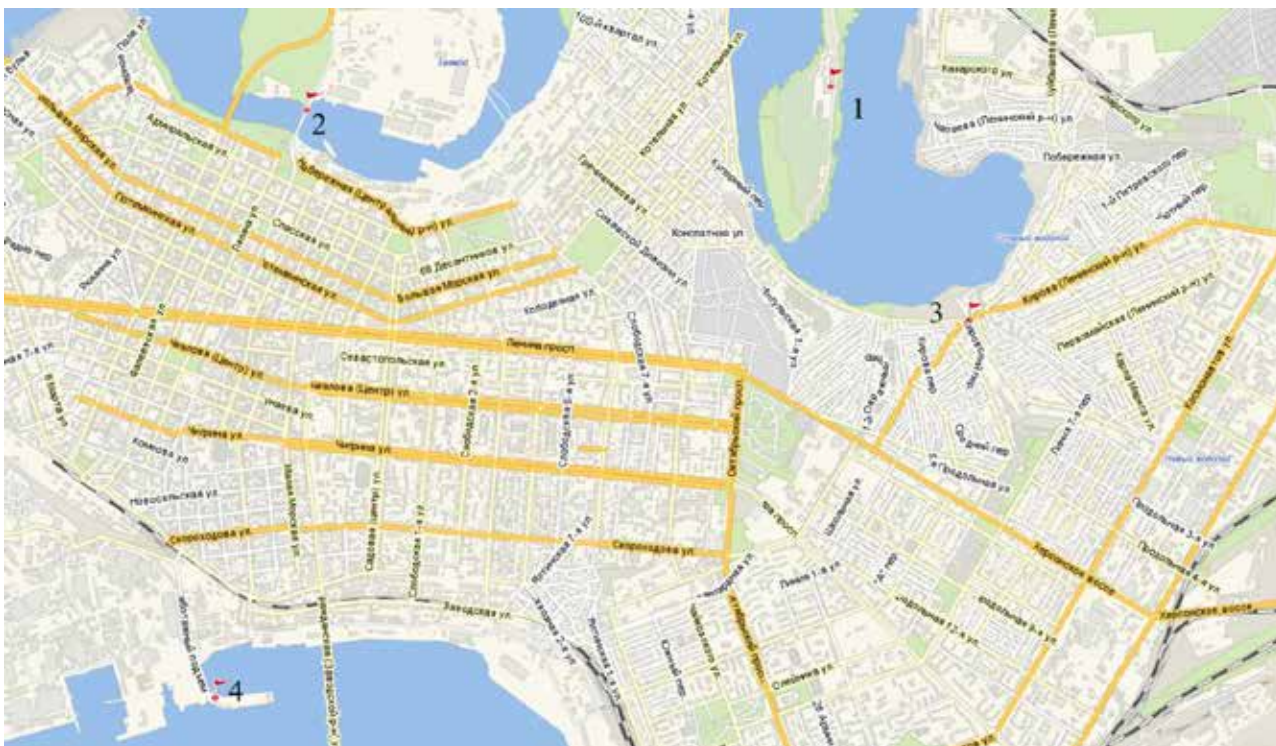


Рис. 2. Схема відбору проб води з 4 дощових каналізаційних стоків у 2021 р.:
№ 1 Аляудівський півострів, р. Інгул; № 2 Понтонний міст, р. Інгул; № 3 поблизу ВТФ «Велам»,
р. Інгул; 4. Каботажна гавань, Бузький лиман.

– № 1 – частина території Центрального району з невисоким автотранспортним рухом, де переважають приватні одно-двоповерхові будівлі;

– № 2 – територія зі жвавим рухом автотранспорту, автотранспортні підприємства, АЗС, багатоповерхова житлова забудова;

– № 3 – частина території Центрального району м. Миколаєва зі жвавим рухом автотранспорту, автотранспортні підприємства, АЗС, багатоповерхова житлова забудова;

– № 4 – нагромаджений важкотонажним автотранспортом під'їзд до морського порту міста; багатоповерхова житлова забудова.

Всі обрані дощові стоки мали стоки води невідомого походження при відсутності опадів, що свідчило про несанкціоноване підключення до них промислової чи побутової каналізації.

Кількісну оцінку скидів забруднюючих речовин з міським дощовим стоком виконано на підставі відомої методики з використанням даних величин стоку з міської території та величини дощових опадів (Гумас, 1983; Фомичева, 2000). Кількість забруднюючої речовини, змитой з міської території за добу (добовий змив), розраховується за найбільш типовим дощем 04.04.2021р. з врахуванням доброї кореляції даних за усіма дощами.

Розрахунок добового змиву виконаний за формулою:

$$M_i^0 = H \cdot S \cdot C_i \cdot 10^{-6} \cdot W_{cp} \cdot K \quad (1)$$

де: M_i^0 – маса забруднюючої речовини, змитого за 1 добу; H – висота шару опадів, м

($H=6,6 \times 10^3$); S – площа міської території, яка враховується (житлова забудовля, зелені насадження загального користування, кладовища, вулиці, дороги, автостоянки) m^2 ($S = 10060 \text{ га} = 1.006 \times 10^8$); C_i – середнє значення масової концентрації забруднюючої речовини в скидах дощової води з врахуванням його фонової концентрації, мг/л; 10^{-6} – коефіцієнт перерахунку мг/л в т/ m^3 ; W_{cp} – середнє значення коефіцієнту стоку з врахуванням міської території, ($W_{cp} = 0,61$); K – коефіцієнт, який характеризує середню концентрацію забруднюючих речовин під час дощу, який прийнято 0,6.

Розрахунок річного змиву забруднюючої речовини M_i^p виконано за формулою:

$$M_i^p = 365 \cdot M_i^0 \quad (2)$$

Основний матеріал дослідження.

Статистично оброблені результати аналізу проб води представлено у таблиці 1.

За результатами порівняння з нормативними величинами можна стверджувати, що всі представлені проби вод мають значні перевищення гранично допустимих концентрацій за вмістом БСК₅, нітритів та ХСК (Нормативи, 2012; Правила 1996). Кратність перевищень за показниками складає: БСК₅ у 14-37 разів; нітрити у 10-39 разів; ХСК у 7-18 разів. Як відомо, основними індикаторами забруднення водойм є вміст органічних речовин та амонійних сполук, бо від них у значній мірі залежать умови збереження необхідного рівня вмісту кисню, що є основою для стабільного розвитку водної екосистеми. Крім того, існують перевищення за вмістом фосфа-

Таблиця 1

Склад та властивості проб води дощової каналізації м. Миколаєва (дата відбору проб 24.02.2021)

Показник якості води	Результати вимірів, мг/л			ГДК	
	Мінімальне значення	Максимальне значення	Середнє значення зі стандартним відхиленням $\bar{X} \pm \sigma(x)$	Значення	Кратність перевищення
Біологічне споживання кисню, БСК ₅ , мгО ₂ /л	42	111	58 ± 12	3,0	14 – 37
Хімічне споживання кисню, мг/л	2,1	5,4	2,9 ± 0,9	0,3	7 – 18
Завислі речовини, мг/л	0,2	1,0	0,8 ± 0,2	0,25	4
Азот амонійний, мг/л	0,05	0,8	0,3 ± 0,1	0,5	2
Нітрити, мг/л	50	1950	690 ± 230	50,0	10 – 39
Нафтопродукти, мг/л	0,10	0,25	0,19 ± 0,02	0,05	2 – 5
Фосфати, мг/л	0,05	0,15	0,10 ± 0,02	0,1	5 – 15

тів, що є проявом впливу господарського-побутової діяльності населення (використання миючих засобів тощо). Високий вміст зазначених речовин у стічних водах системи дощової каналізації може свідчити про наявність несанкціонованого підключення домогосподарств до цієї системи, що є порушенням природоохоронного законодавства України. (20).

Визначене перевищення встановлених гранично допустимої концентрації за вмістом нафтопродуктів може виступати показником потрапляння у ці стоки залишків автотранспортного палива, бо м. Миколаїв відрізняється великим транзитним автотранспортним важко-тонажним потоком.

Проведено орієнтований розрахунок скиду забруднюючих речовин з дощовими каналізаційними стоками у районі м. Миколаєва станом на 2021 р. У таблиці 2 наведено використані у розрахунках дані Миколаївського гідрометцентру щодо кількості дощових опадів у м. Миколаєві у 2021 р. Результати розрахунку скиду забруднюючих речовин з міськими дощовими каналізаційними стоками у Бузький лиман станом на 2021 р. та, для порівняння, у 1997 р., наведено у табл. 3.

Ці величини стоків поллютантів до водної екосистеми Бузького лиману зроблено за 4 дощовими каналізаційними стоками. Збільшивши величини цих показників у 10 разів можна отримати орієнтовану оцінку надхо-

дження поллютантів до Бузького лиману через усі 49 міські дощові каналізаційні стоки. Таким чином, щодобово до Бузького лиману потрапляє до 34 тон різних речовин у завислому стані, 7 тон нафтопродуктів, 0,5 т фосфатів, близько 10 тон амонійного азоту.

Порівняння з результатами аналогічних гідрохімічних досліджень міських дощових каналізаційних стоків у 1997 р. вказало на наявність деякої відмінності у якісному й кількісному складі стоків (табл. 4).

Як видно, за рядом показників кількість поллютантів у дощових каналізаційних стоках суттєво відрізняється. Присутність у стоках, за даними 1997 р., свинця, миш'яка, нікелю, заліза, міді, хрому, цинку вказує на необхідність проведення досліджень на вміст важких металів у дощових каналізаційних стоках

Висновки і перспективи подальших досліджень.

1. У стоках дощової каналізації м. Миколаєва до Бузького лиману присутні фосфати, нафтопродукти, азот нітритний. Кратність перевищень гранично-допустимих концентрацій складає: БСК₅ у 14-37 разів; нітритів у 10-39 разів; ХСК у 7-18 разів.

2. Об'єми надходження поллютантів до Бузького лиману через міські дощові каналізаційні стоки м. Миколаєва у 2021 р. об'єми скидів склали, :

– Завислі речовини: 3,4 т/добу (416,1 т/рік),

Таблиця 2

Дані Миколаївського гідрометцентру щодо кількості дощових опадів у м. Миколаєві у 2021 р.

Дата	Тривалість дощу, ч	Висота шару опадів, см	Середня інтенсивність дощу, мм/год (мм/хвил)
04.04.2021	5,21	2,1	0,35 (0,006)
17.07.2021	6,17	5,7	1,11 (0,019)
26.08.2021	5,18	19,2	2,29 (0,049)
17.09.2021	6,29	3,9	0,90 (0,008)

Таблиця 3

Результати розрахунку скиду забруднюючих речовин з дощовими каналізаційними стоками у районі м. Миколаєва станом на 2021 р.

Назва забруднюючої речовини	Добовий скид з міської території, т	Річний скид з міської території, т
Завислі речовини	3,4	416,1
Нафтопродукти	0,722	263,53
Фосфати	0,050	18,25
ХСК	11,02	4022,3
БСК 5	22,04	8004,6
Нітрити	0,043	15,69
Азот амонійний	1,14	416,1

Порівняння якісного й кількісного складів міських дощових каналізаційних стоків у Бузький лиман у 2021 р. та у 1997 р.

Назва забруднюючої речовини	Добовий змив з міської території, т/добу		Річний змив з міської території, т/рік	
	1997 рік	2021 рік	1997 рік	2021 рік
Зважені речовини	143,394	3,4	52333,8	416,1
Нафтопродукти	0,289	0,722	105,49	263,53
Свинець	0,0188	-*	6,862	-*
Миш'як	0,00007	-*	0,0268	-*
Нікель	0,008	-*	2,92	-*
Залізо	0,858	-*	313,17	-*
Мідь	0,023	-*	8,395	-*
Хром +3	0,0015	-*	0,547	-*
Цинк	0,027	-*	9,855	-*
ХСК	10,318	11,02	3766,07	4022,3
БСК 5	12,497	22,04	4561,4	8004,6
БСК 20	13,015	-*	4750,48	-*
СПАР	0,023	-*	8,395	-*
Нітрити	0,050	0,043	18,25	15,69
Азот амонійний	0,241	1,14	87,97	416,1

* – не вимірювали

- Азот амонійний: 1,14 т/добу (416,1 т/рік),
- Нітрити: 0,043 т/добу (15,69 т/рік),
- Нафтопродукти: 0,722 т/добу (263,53 т/рік),
- Фосфати: 0,050 т/добу.

3. З дощовими стоками у Бузький лиман також потрапляють: свинець, нікель, залізо, мідь, хром, цинк. Наднормативне забруднення дощових вод завислими речовинами пов'язано із забрудненням територій пилом, землею, глиною тощо. Наднормативне забруднення нафтопродуктами, важкими металами пов'язано з експлуатацією автотранспорту та промислових підприємств. Вважаємо, що за частину

речовин, які забруднюють дощову каналізацію (фосфати, нітрати) здебільшого відповідають самовільні підключення господарсько-побутової та промислової каналізації. Всі обрані дощові стоки мали стоки води невідомого походження при відсутності опадів, що свідчить про несанкціоноване підключення до них промислових чи побутових каналізацій.

4. Перспективами подальших досліджень є: дослідження сорбційної можливості донних відкладень щодо утримання поллютантів та оцінка екологічної ємності донних відкладень Бузького лиману.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Артющенко О. В. Система басейнового управління водними ресурсами як складова організаційно-економічного механізму водокористування: *Вісник Нац. ун-ту водного господарства та природокористування*. Економіка: зб. наук. пр. НУВГП. – Рівне, 2006.
2. Гумас Р. Расчеты гидрографа ливневого стока / Охрана водисточников и рациональное их использование, Вильнюс, 2003. – С. 134
3. Дикаревский В. Отведение и очистка поверхностных сточных вод. Л.: Стройиздат, 1990. – 235 с.
4. Дмитрієва О.О., Хоренжая І.В. Екологічно безпечне водовідведення з території м. Одеса в аварійних ситуаціях: Харків, 2013 – 37 с.
5. Дмитрієва О.О., Хоренжая І.В. Організація екологічно безпечного водовідведення в населених пунктах України // *Екологічні науки*, № 10, 2004. – С. 131-138.
6. Максименко О.А. Удосконалення систем відведення та очищення зливових стоків машинобудівних підприємств для забезпечення екологічної безпеки: дисс. канд. тех. Наук: 21.06.01. Харків, 2020. – 186 с.

7. Нормативи екологічної безпеки водних об'єктів, що використовуються для потреб рибного господарства: Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України, 30.07.2012, № 4713
8. Правила охорони внутрішніх морських вод і територіального моря від забруднення та засмічення: Постанова Кабінету Міністрів, № 269, 29.02.1996
9. Фельдштейн Е. Г. Совершенствование систем очистки поверхностного стока предприятий первой группы на примере автотранспортных предприятий : дис... канд. техн. наук 05.23.04. – Волгоград, 2014. – 191 с.
10. Фомичева Г.И., Вдовин Ю.И., Лушкин И.А. Совместное отведение дренажно-ливневого стока: Материалы IV международного конгресса / Вода: экология и технология, М.: Экватек, 2000. – С. 57.

REFERENCES:

1. Artjushhenko, O. V. (2006). Systema basejnovogho upravlinnja vodnymy resursamy jak skladova orghanizacijno-ekonomichnogho mekhanizmu vodokorystuvannja [*The system of basin management of water resources as a component of the organizational and economic mechanism of water use*]. Rivne: Ekonomika [in Ukrainian]
2. Ghumas, R. (2003). Raschety ghydroghrafa lylvnevocho stoka [*Calculations of stormwater hydrograph / Protection of water sources and their rational use*]. Vilnus [in Russian]
3. Dykarevskij, V. (1990). Otvedenye y ochystka poverkhnostnykh stochnykh vod [*Drainage and treatment of surface wastewater*]. Leningrad: Strojizdat [in Russian]
4. Dmytrijeva, O.O., & Khorenzhaja, I.V. (1990). Ekologhichno bezpechne vodovidvedennja z terytoriji m. Odesa v avarijnykh sytuacijakh [*Ecologically safe drainage from the territory of Odesa in emergency situations*]. Kharkiv [in Ukrainian].
5. Dmytrijeva, O.O., & Khorenzhaja, I.V. (2004). Orghanizacija ekologhichno bezpechnogho vodovidvedennja v naselenykh punktakh Ukrajinny [*Organization of ecologically safe drainage in the settlements of Ukraine*]. Kyiv: Environmental sciences [in Ukrainian].
6. Maksymenko, O.A. (2020). Udoskonalennja system vidvedennja ta ochyshhennja zlyvovykh stokiv mashynobudivnykh pidprijemstv dlja zabezpechennja ekologhichnoji bezpeky [*Improving drainage and sewage treatment systems of machine-building enterprises to ensure environmental safety*]. Kharkiv [in Russian].
7. Normatyvy ekologhichnoji bezpeky vodnykh ob'ektiv, shho vykorystovujutjsja dlja potreb rybnogho ghospodarstva (2012) [*Standards of ecological safety of water bodies used for the needs of fisheries*]. Kyiv [in Ukrainian].
8. Pravyly okhorony vnutrishnykh morsjkykh vod i terytorialnogho morja vid zabrudnennja ta zasmichennja (1996) [*Rules of protection of internal sea waters and territorial sea from pollution and clogging*]. Kyiv [in Ukrainian].
9. Feljdshtejn, E. Gh. (2014). Sovershenstvovanye system ochystky poverkhnostnogho stoka predprijatyj pervoj ghruppy na prymere avtotransportnykh predprijatyj [*Feldstein EG Improvement of surface runoff treatment systems of the first group of enterprises on the example of motor transport enterprises*]. Volghograd [in Russian].
10. Fomycheva, Gh.Y., & Vdovyn, Ju.Y., & Lushkyn, Y.A. (2000). Sovmestnoe otvedenye drenazhno-lyvnevocho stoka [*Sovmestnoe otvedenye drenazhno-lyvnevocho stoka*]. Moscow [in Russian].