

УДК 504.064.2

DOI <https://doi.org/10.32782/pcsd-2022-1-4>

Алла КОЛІСНИК

кандидат географічних наук, доцент кафедри екології та охорони довкілля, Одеський державний екологічний університет, вул. Львівська, 15, м. Одеса, Україна, 65016

ORCID: 0000-0002-0622-9637

Заряна НАКОНЕЧНА

старший викладач кафедри екології та охорони довкілля, Одеський державний екологічний університет, вул. Львівська, 15, м. Одеса, Україна, 65016

ORCID: 0000-0001-9273-3225

Бібліографічний опис статті: Колісник, А., Наконечна, З. (2022). Оцінка стану повітряного басейну міста Одеси за комплексним індексом забруднення атмосфери. *Проблеми хімії та сталого розвитку*, 1, 25–30, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2022-1-4>

ОЦІНКА СТАНУ ПОВІТРЯНОГО БАСЕЙНУ МІСТА ОДЕСИ ЗА КОМПЛЕКСНИМ ІНДЕКСОМ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ

Актуальність дослідження полягає в тому, що оцінка рівня забруднення повітряного басейну міст є необхідною, так як від якості атмосфери залежить здоров'я населення особливо в урбоекосистемах. У містах основна доля забруднюючих речовин повітря потрапляє від пересувних джерел. Крім автотранспорту у м. Одеса як основними стаціонарними джерелами є підприємства-забруднювачі. Причинами суттєвих викидів у атмосферне повітря м. Одеса є збільшення ремонтних робіт на технологічному обладнанні та збільшення обсягу природного газу, який використовується підприємствами. **Метою дослідження** є оцінка рівня забруднення повітряного басейну міста Одеси за 2013-2019 рр. на основі індексів забруднення атмосфери (ІЗА). **Методи дослідження:** оцінка якості атмосферного повітря у дослідженні виконана на основі методу інтегральної оцінки, який дозволяє оцінити якість атмосферного повітря в певному районі або по місту в цілому за однією або декількома забруднюючими речовинами на основі розрахунку комплексних показників. В якості таких нормативів використовуються величини гранично допустимих концентрацій токсичних речовин в атмосферному повітрі. **Висновки:** за результатами дослідження встановлено, що за значеннями індексів забруднення атмосфери вимоги до якості атмосферного повітря виконуються тільки для таких забруднюючих атмосферу речовин як: оксид вуглецю (за $ІЗА_{сер}$) та діоксид азоту, сірководень, сажа, фтористий водень (за $ІЗА_{макс}$). Пріоритетними забруднювальними речовинами виявилися формальдегід та оксид вуглецю за значенням $ІЗА_{сер}$ та $ІЗА_{макс}$ відповідно. За комплексним показником забруднення атмосфери максимальні рівні забруднення атмосферного повітря м. Одеси відмічаються у 2013 та 2017 роках. Для зниження рівня забруднення атмосферного повітря м. Одеси місцевим органам влади бажано зосередити увагу та сприяти впровадженню природоохоронних технологій, оновленню обладнання та встановленню очисних споруд, що значно зменшують кількість викидів даних забруднюючих речовин у атмосферне повітря міста, на стаціонарних об'єктах-забруднювачах атмосферного повітря.

Ключові слова: забруднення атмосфери, забруднюючі речовини, якість атмосферного повітря, індекс забруднення атмосфери.

Alla KOLISNYK

PhD in Geography, Associate Professor at the Department of Environmental Science and Environmental Protection, Odesa State Environmental University, 15 Lvivska str., Odesa, Ukraine, 65106

ORCID: 0000-0002-0622-9637

Zaryana NAKONECHNAYA

Senior Lecturer at the Department of Environmental Science and Environmental Protection, Odesa State Environmental University, 15 Lvivska str., Odesa, Ukraine, 65106

ORCID: 0000-0001-9273-3225

To cite this article: Kolisnyk, A., Nakonechnaya, Z. (2022). Ocinka stanu povitryanogo basejnu mista Odesy za kompleksnym indeksom zabrudnennya atmosfery [Assessment of the condition of the air basin of the Odesa city according to the complex index of atmospheric pollution]. *Problems of Chemistry and Sustainable Development*, 1, 25–30, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2022-1-4>

ASSESSMENT OF THE CONDITION OF THE AIR BASIN OF THE ODESA CITY ACCORDING TO THE COMPLEX INDEX OF ATMOSPHERIC POLLUTION

The relevance of the study is that the assessment of the level of pollution of the air basin of cities is necessary, as the health of the population depends on the quality of the atmosphere, especially in urban ecosystems. In cities, the main part of air pollutants come from mobile sources. In addition to motor transport in Odesa, the main stationary sources of pollution are big enterprises. The reasons for significant emissions into the air of Odesa are the increase in repair work on outdated and inefficient technological equipment and increase in the amount of natural gas used by enterprises. The purpose of the study is to assess the level of air pollution in the Odesa city for 2013-2019 on the basis of air pollution indices (API). Research methods: assessment of air quality in the study is based on the method of integrated assessment, which allows you to assess air quality in a particular area or city as a whole after studying one or more pollutants based on the calculation of complex indicators. Values of maximum permissible concentrations of toxic substances in atmospheric air are used as such standards. Conclusions: the study found that the values of air pollution indices meet the requirements for air quality only for such pollutants as carbon monoxide (according to API - moderate) and nitrogen dioxide, hydrogen sulfide, soot, hydrogen fluoride (according to API - max). Formaldehyde and carbon monoxide were the major pollutants in terms of API - moderate and API - max, respectively. According to the complex indicator of air pollution, the maximum levels of air pollution in Odesa were observed in 2013 and 2017. In order to reduce the level of air pollution in Odesa, local authorities should focus on and promote the introduction of environmental technologies, equipment upgrades and installation of special facilities («cleaners») that significantly reduce emissions of these pollutants into the city's air from stationary air pollutants.

Key words: air pollution, pollutants, air quality, air pollution index.

Актуальність проблеми. Оцінка рівня забруднення повітряного басейну міст є актуальною, так як від якості атмосфери залежить здоров'я населення урбоєкосистеми. У містах основна доля забруднюючих речовин (ЗР) повітря потрапляє від пересувних джерел. Крім автотранспорту у м. Одеса, як основні стаціонарні джерела, виділяються такі підприємства-забруднювачі: ПАТ «Одеський припортовий завод» (Мінпромполітики), ПрАТ «Газтранзит» (Держнафтогаз), ПАТ «Одесагаз» (Держнафтогаз). Основними причинами суттєвих викидів у атмосферне повітря м. Одеса є збільшення ремонтних робіт на технологічному обладнанні та збільшення обсягу газу, який використовується підприємствами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналізуючи найактуальніші публікації за темою статті слід відмітити дослідження стану та якості повітряного басейну Одеської промислової агломерації (Чугай, 2019, с. 81), в якому для оцінки рівня забруднення атмосферного повітря була застосована методика розрахунку індексу забруднення атмосфери, а сам розрахунок ІЗА базувався на основі осереднених даних про вміст забруднюючих речовин в атмосферному повітрі. В роботі (Чугай, Сафранов,

2020, с. 251) були виконані оцінка і аналіз рівня забруднення атмосферного повітря окремих міст Північно-Західного Причорномор'я за багаторічний період, при цьому для оцінки застосовані комплексні індекси забруднення атмосфери. Результати оцінки стану атмосферного повітря м. Одеса неодноразово використовувалися дослідниками як основа для виконання оцінки впливу пріоритетних забруднюючих речовин в атмосферному повітрі на тривалість життя населення м. Одеса з врахуванням залежності «доза-ефект» при визначенні скорочення тривалості життя від забруднення атмосферного повітря (Колісник, Снесар, Чернякова, 2019, с. 75; Чугай, Колісник, Чернякова, Снесар, 2019, с. 12). Вищезазначене дозволяє стверджувати про важливість та необхідність оцінки стану повітряного басейну м. Одеси.

Мета дослідження. Метою дослідження є оцінка рівня забруднення повітряного басейну міста Одеси за 2013-2019 рр. на основі індексу забруднення атмосфери (ІЗА) та комплексного ІЗА (КІЗА).

Виклад основного матеріалу дослідження. Оцінка якості атмосферного повітря у дослідженні виконана на основі методу інтегральної оцінки (Сафранов, 2015, с. 72-73), який дозво-

ляє оцінити якість атмосферного повітря в певному районі або по місту в цілому за однією або декількома ЗР на основі розрахунку комплексних показників. В якості таких нормативів використовуються величини гранично допустимих концентрацій (ГДК) токсичних речовин в атмосферному повітрі. Усі ЗР відносяться до одного із чотирьох класів небезпеки шкідливих речовин: 1 – надзвичайно небезпечні; 2 – високонебезпечні; 3 – помірно небезпечні; 4 – мало-небезпечні.

Для оцінки ступеня забруднення атмосфери отримані в результаті спостережень середні і максимальні концентрації нормуються на санітарно-гігієнічний норматив, наприклад на гранично допустиму концентрацію. Нормовані характеристики забруднення називають індексом забруднення атмосфери. ІЗА окремою домішкою розраховується за формулами:

$$I = \left(\frac{q_p}{ГДК_{mp}} \right)^{C_i}, \quad (1)$$

$$I = \left(\frac{\bar{q}}{ГДК_{cd}} \right)^{C_i}, \quad (2)$$

де q_p та \bar{q} – фактичні максимальна та середня концентрації ЗР в атмосферному повітрі, мг/м³; C_i – константа, що набуває значень 1,7; 1,3; 1,0; 0,9 відповідно для 1; 2; 3; 4-го класу небезпеки речовини і дозволяє привести ступінь шкідливості i -ї речовини до ступеня шкідливості діоксиду сірки.

Розрахунок ІЗА заснований на принципі, що на рівні ГДК усі шкідливі речовини характеризуються однаковим впливом на людину і при подальшому збільшенні концентрації ступінь їхньої шкідливості зростає з різною швидкістю, що залежить від класу небезпеки речовини. Вважається, що при $ІЗА \leq 1$ якість повітря за вмістом окремої ЗР відповідає санітарно-гігієнічним вимогам.

Комплексний ІЗА ($KІЗА$) – це кількісна характеристика рівня забруднення атмосфери, утвореного n речовинами, присутніми в атмосфері міста. $KІЗА$ розраховується за формулою:

$$I_n = \sum_{i=1}^n I_i = \sum_{i=1}^n \left(\left(\frac{\bar{q}}{ГДК_{cd}} \right)^{C_i} \right)_i, \quad (3)$$

Розраховується $KІЗА$ по одному або K постах міста як сума всіх ІЗА. Комплексний ІЗА враховує n речовин, що присутні в атмосфері.

Дослідження рівня забруднення повітряного басейну м. Одеса виконувалось на основі даних

з офіційних джерел (Регіональні доповіді, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018) про стан атмосфери за семирічний період (2013-2019 рр.). Основні ЗР виділялись такі: пил, оксид вуглецю, діоксид азоту, сірководень, фенол, сажа, фтористий водень та формальдегід.

На рис. 1 представлені результати оцінки рівня забруднення атмосферного повітря на основі даних про середньорічні концентрації ЗР. ІЗА_{сер} розраховані на формулою 2 з врахуванням відповідних ГДК_{cd} та класів небезпеки ЗР. Аналізуючи результати оцінки слід відмітити, що вимоги до якості атмосферного повітря виконуються тільки стосовно оксиду вуглецю в період з 2013 р. до 2016 р. ($ІЗА < 1$). Значення індексу забруднення для всіх інших ЗР крім формальдегіду змінюються у діапазоні 1,0 - 1,94. Тобто нормативне значення індексу не перевищує двох одиниць.

Виявлено, що пріоритетним, забруднюючим атмосферу інгредієнтом, є формальдегід, так як числові значення індексу в продовж періоду дослідження є максимальними. При цьому максимальний рівень забруднення атмосфери міста Одеси цим поллютантом спостерігається в 2013 році.

На рис. 2 представлені результати розрахунку ІЗА за формулою 1, які отримані на основі врахування максимальних концентрацій ЗР в атмосферному повітрі, ГДК_{mp} та відповідних класів небезпеки поллютантів. Для розрахунку ІЗА_{макс} використовуються ГДК_{mp}, числові значення яких значно перевищують ГДК_{cd}, тобто безпечними для здоров'я населення у цьому випадку впродовж 20-30 хвилинного періоду знаходження в умовах забрудненого атмосферного повітря є відносно великі значення концентрації ЗР. Ця особливість обґрунтування максимально разових санітарно-гігієнічних нормативів внесла суттєвий вклад в результати оцінки рівня забруднення атмосферного повітря міста для умов короткочасного знаходження в умовах забрудненого повітря.

Отже, вимоги до якості атмосферного повітря виконуються для діоксиду азоту у продовж всього періоду дослідження, сірководню – в 2013 р., сажі – в 2014-2016 рр., фтористого водню – в 2013 р., 2015-2016 рр., 2018-2019 рр. У всіх інших випадках значення індексу для всіх ЗР змінюється в діапазоні – 1,0-2,56. Слід відмітити, що вимоги

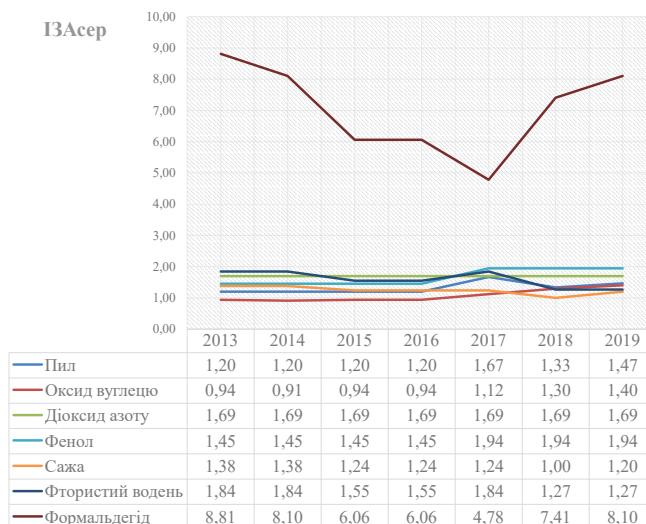


Рис. 1. Результати оцінки рівня забруднення атмосферного повітря м. Одеси за ІЗА_{сеп}

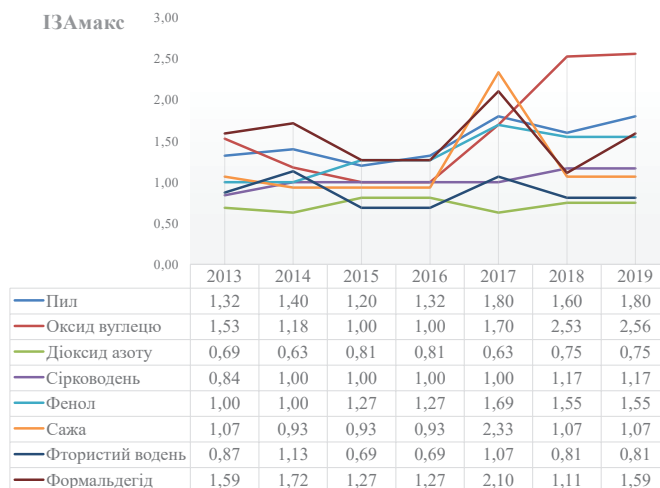


Рис. 2. Результати оцінки рівня забруднення атмосферного повітря м. Одеси за ІЗА_{макс}

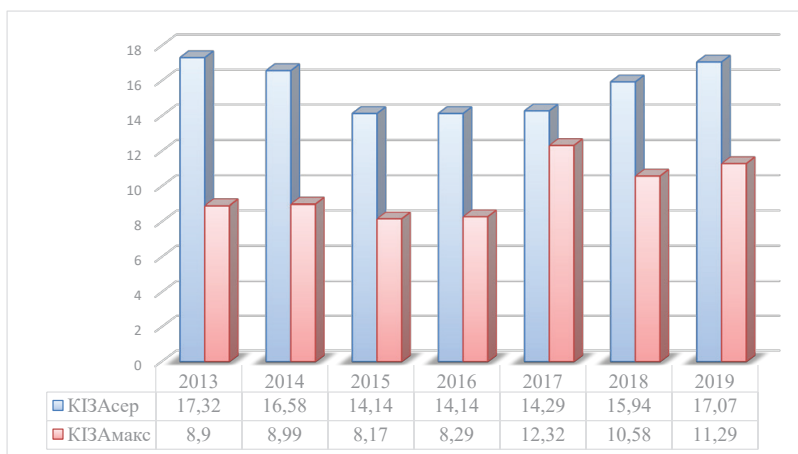


Рис. 3. Комплексна оцінка забруднення атмосферного повітря м. Одеси

до якості атмосферного повітря не виконувалися жодного разу для таких ЗР як: пил, оксид вуглецю, фенол та формальдегід. Крім того у 2017 р. відмічається підвищення рівня забруднення атмосферного повітря за всіма ЗР крім діоксиду азоту та сірководню. Пріоритетним поллютантом слід назвати оксид вуглецю за значенням $I_{ZA_{\max}}$ для якого відмічаються максимуми – 2,53 та 2,56 у 2018 та 2019 роках відповідно, а також чітка тенденція до погіршення якості атмосферного повітря міста з 2016 по 2019 р.

Комплексна оцінка рівня забруднення атмосферного повітря м. Одеси виконана на основі комплексного індексу забруднення атмосфери за умов врахування максимальних та осереднених концентрацій забруднюючих речовин. Результати оцінки представлені на рис. 3.

За $KI_{ZA_{\text{сер}}}$ спостерігається плавна динаміка зменшення рівня забруднення атмосфери з 2013 р. до 2015-2016 рр. та підвищення рівня забруднення – з 2014 до 2019 р. Максималь-

ний рівень забруднення за $KI_{ZA_{\text{сер}}}$ відмічається у 2013 р., а за $KI_{ZA_{\max}}$ – в 2017 р.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Аналізуючи результати дослідження слід відмітити, що за значеннями індексів забруднення атмосфери вимоги до якості атмосферного повітря виконуються тільки для таких забруднюючих атмосфери речовин як: оксид вуглецю (за $I_{ZA_{\text{сер}}}$) та діоксид азоту, сірководень, сажа, фтористий водень (за $I_{ZA_{\max}}$). Пріоритетними забруднювальними речовинами виявилися формальдегід та оксид вуглецю за значенням $I_{ZA_{\text{сер}}}$ та $I_{ZA_{\max}}$ відповідно. За комплексним показником максимальні рівні забруднення атмосферного повітря м. Одеси відмічаються у 2013 та 2017 роках. Для зниження рівня забруднення атмосферного повітря м. Одеси місцевим органам влади бажано зосередити увагу на впровадженні природоохоронних технологій, оновлення обладнання та встановлення очисних споруд, що значно зменшують кількість викидів даних забруднюючих речовин у атмосферне повітря міста.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Чугай А.В. Стан та якість повітряного басейну Одеської промислово-міської агломерації. *Екологічна безпека*. № 2(28). 2019. С. 81–85.
2. Чугай А.В., Сафранов Т.А. Особливості забруднення атмосферного повітря міст Північно-Західного Причорномор'я. *Вісник Харківського національного університету ім. Каразіна*. № 52. 2020. С. 251–260.
3. Колісник А.В., Снесар А.В., Чернякова О.І. Врахування залежності «доза-ефект» при визначенні скорочення тривалості життя населення від забруднення атмосферного повітря фтористим воднем (на прикладі міста Одеса). *Екологічна безпека*. № 2(28). 2019. С. 75–80.
4. Чугай А.В., Колісник А.В., Чернякова О.І., Снесар А.В. Оцінка впливу вмісту формальдегіду в атмосферному повітрі на тривалість життя людини (на прикладі м. Одеса, Україна). *Znanstvena misel journal. Earth Sciences*. Vol. 1. №37/2019. 2019. pp. 12–22.
5. Системний аналіз якості навколишнього середовища : підручник / Т.А. Сафранов та ін. ; за заг. ред. Т.А. Сафранова і Я.О. Адаменко. Одеса, 2015. 244 с.
6. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у 2013 році. Одеська область. Одеса, 2014. 262 с.
7. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у 2014 році. Одеська область. Одеса, 2015. 250 с.
8. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у 2015 році. Одеська область. Одеса, 2016. 180 с.
9. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у 2016 році. Одеська область. Одеса, 2017. 216 с.
10. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у 2017 році. Одеська область. Одеса, 2018. 270 с.
11. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у 2018 році. Одеська область. Одеса, 2019. 241 с.
12. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у 2019 році. Одеська область. Одеса, 2020. 239 с.

REFERENCES:

1. Chugai, A.V. (2019). Stan ta yakist' povitryanogo basejnu Odes'koyi promy'slovo-mis'koyi aglomeraciyi [Condition and quality of the air basin of the Odesa industrial and urban agglomeration]. *Ekologichna bezpeka – Ecological safety*, 2(28), 81-85 [in Ukrainian].
2. Chugai, A.V., & Safranov, T.A. (2020). Osobly'vosti zabrudnennya atmosferного povitrya mist Pivnichno-Zaxidnogo Pry'chornomor'ya [Peculiarities of air pollution in the cities of the North-Western Black Sea Coast]. *Visnyk Xarkivs'kogo nacional'nogo universy'tetu im. Karazina – Bulletin of Karazin Kharkiv National University*, 52, 251-260 [in Ukrainian].
3. Kolisnyk, A.V., & Snesar, A.V., & Cherniakova, O.I. (2019). Vraxuvannya zalezhnosti «doza-efekt» pry'vy'znachenni skorochennya try'valosti zhy'ttya naselennya vid zabrudnennya atmosferного povitrya ftory'sty'm vodnem (na pry'kladi mista Odesa) [Taking into account the dependence of the "dose-effect" in determining the reduction in life expectancy of air pollution by hydrogen fluoride (on the example of the city of Odesa)]. *Ekologichna bezpeka – Ecological safety*, 2(28), 75-80 [in Ukrainian].
4. Chugai, A.V., & Kolisnyk, A.V., & Cherniakova, O.I., & Snesar, A.V. (2019). Ocinka vply'vu vmistu formal'degidu v atmosferному povitri na try'valist' zhy'ttya lyudy'ny' (na pry'kladi m. Odesa, Ukrayina) [Estimation of influence of formaldehyde content in atmospheric air on life expectancy (on the example of the city of Odesa, Ukraine)]. *Znanstvena misel journal. Earth Sciences*, 37, 12–22 [in Ukrainian].
5. Safranov, T.A., & Adamenko, Ya.O., & Prykhodko, V.Yu., & Shanina, T.P., & Chugai, A.V., & Kolisnyk, A.V. (2015). Sy'stemny'j analiz yakosti navkoly'shn'ogo seredovy'shha [System analysis of environmental quality]. T.A. Safranov & Ya.O. Adamenko (Ed.). Odesa: TES [in Ukrainian].
6. Regional'na dopovid' pro stan navkoly'shn'ogo pry'rodnogo seredovy'shha u 2013 roci. Odes'ka oblast' [Regional report on the state of the environment in 2013. Odesa region]. (2014). Odesa [in Ukrainian].
7. Regional'na dopovid' pro stan navkoly'shn'ogo pry'rodnogo seredovy'shha u 2014 roci. Odes'ka oblast' [Regional report on the state of the environment in 2014. Odesa region]. (2015). Odesa [in Ukrainian].
8. Regional'na dopovid' pro stan navkoly'shn'ogo pry'rodnogo seredovy'shha u 2015 roci. Odes'ka oblast' [Regional report on the state of the environment in 2015. Odesa region]. (2016). Odesa [in Ukrainian].
9. Regional'na dopovid' pro stan navkoly'shn'ogo pry'rodnogo seredovy'shha u 2016 roci. Odes'ka oblast' [Regional report on the state of the environment in 2016. Odesa region]. (2017). Odesa [in Ukrainian].
10. Regional'na dopovid' pro stan navkoly'shn'ogo pry'rodnogo seredovy'shha u 2017 roci. Odes'ka oblast' [Regional report on the state of the environment in 2017. Odesa region]. (2018). Odesa [in Ukrainian].
11. Regional'na dopovid' pro stan navkoly'shn'ogo pry'rodnogo seredovy'shha u 2018 roci. Odes'ka oblast' [Regional report on the state of the environment in 2018. Odesa region]. (2019). Odesa [in Ukrainian].
12. Regional'na dopovid' pro stan navkoly'shn'ogo pry'rodnogo seredovy'shha u 2019 roci. Odes'ka oblast' [Regional report on the state of the environment in 2019. Odesa region]. (2020). Odesa [in Ukrainian].