

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет лісового господарства та екології
Кафедра екології

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

НЕВМЕРЖИЦЬКИЙ СЕРГІЙ ВАЛЕРІЙОВИЧ

УДК 504.064.3(477.42)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ОЦІНКА ТЕХНОГЕННОГО ВПЛИВУ ВИКИДІВ СТАЦІОНАРНИХ
ДЖЕРЕЛ НА ПОВІТРЯНИЙ БАСЕЙН ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ

101 «Екологія»

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавра

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Науковий керівник:
Герасимчук Людмила Олександрівна
доцент, к.с.-г.н.

Житомир – 2023

АНОТАЦІЯ

Невмержицький С.В. Оцінка техногенного впливу викидів стаціонарних джерел на повітряний басейн Житомирської області. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавра за спеціальністю 101 – екологія. – Поліський національний університет, Житомир, 2023.

Проведено оцінку техногенного впливу викидів стаціонарних джерел на повітряний басейн Житомирської області. З 2018 по 2021 рр. в атмосферне повітря області надійшло 49418 т забруднюючих речовин, а обсяг викидів зменшився у 1,1 рази. Перевищення середнього по області показника обсягу викидів до 67 разів на одиницю площі мало місце у всіх містах, а на особу – до 1,5 рази – лише у м. Коростень та Малин. Визначено, що за рівнем техногенного навантаження на територію, всі райони області відносяться до незначного рівня, м. Бердичів – до незначного (2020 р.) та помірного (2018, 2019 рр.), м. Новоград-Волинський – до середнього, м. Малин – до підвищеного (2018 р.), високого (2020 р.) та критичного (2019 р.), м. Коростень – до високого (2019, 2020 рр.) та критичного (2018 р.), м. Житомир – до критичного; за рівнем техногенного впливу на особу у 2018 – 2019 рр. до незначного рівня відносилися 16 із 23 районів області (69,6%), у 2020 р. – 14 (60,9%), а також міста Бердичів, Житомир та Новоград-Волинський. В розрізі новостворених районів незначний рівень техногенного навантаження на територію характерний для Коростенського району, помірний – для Житомирського, підвищений – для Новоград-Волинського та критичний для Бердичівського; а в розрахунку на особу – незначний рівень для Житомирського, підвищений – для Бердичівського, критичний – для Коростенського та Новоград-Волинського районів.

Ключові слова: обсяг викидів на км² та на особу, незначний, помірний, середній, підвищений, високий та критичний рівні техногенного навантаження.

SUMMARY

Nevmerzhytskyi S.V. Assessment of man-made impact of emissions from stationary sources on the air basin of Zhytomyr region. – Manuscript qualification work.

Qualification work for a bachelor's degree in specialty 101 – ecology. – Polissia National University, Zhytomyr, 2023.

An assessment of the man-made impact of emissions from stationary sources on the air basin of the Zhytomyr region was carried out. From 2018 to 2021, 49,418 tons of pollutants entered the atmospheric air of the region, and the volume of emissions decreased by 1.1 times. Exceeding the regional average indicator of the volume of emissions up to 67 times per unit area occurred in all cities, and per person – up to 1.5 times – only in the cities of Korosten and Malyn. It was determined that according to the level of man-made load on the territory, all districts of the region belong to the insignificant level, the city of Berdychiv – to the insignificant (2020) and moderate (2018, 2019), the city of Novograd-Volynskyi – to the average, the city of Malyn – to elevated (2018), high (2020) and critical (2019), Korosten – to high (2019, 2020) and critical (2018), Zhytomyr – to critical; in terms of the level of man-made impact on a person in 2018-2019, 16 out of 23 districts of the region (69.6%) were at an insignificant level, in 2020 – 14 (60.9%), as well as the cities of Berdychiv, Zhytomyr and Novograd-Volynskyi. In the section of newly created districts, an insignificant level of man-made load on the territory is typical for Korosten district, moderate for Zhytomyr district, increased for Novograd-Volyn district and critical for Berdychiv district; and in the calculation per person – an insignificant level for Zhytomyr, increased – for Berdychiv, critical – for Korosten and Novohrad-Volyn districts.

Key words: volume of emissions per km² and per person, insignificant, moderate, medium, elevated, high and critical levels of man-made load.

ЗМІСТ

	<i>Стор.</i>
ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. ТЕХНОГЕННЕ НАВАНТАЖЕННЯ ВИКИДАМИ ЯК ЗАГРОЗА НАЦІОНАЛЬНІЙ БЕЗПЕЦІ	9
1.1. Викиди забруднюючих речовин як чинник впливу на довкілля, клімат та здоров'я людини	9
1.2. Обсяги викидів як чинник техногенного навантаження	10
<i>Висновки до розділу 1</i>	12
РОЗДІЛ 2. ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	13
2.1. Програма проведення досліджень	13
2.2. Методика проведення досліджень	14
РОЗДІЛ 3. ОЦІНКА ТЕХНОГЕННОГО ВПЛИВУ ВИКИДІВ СТАЦІОНАРНИХ ДЖЕРЕЛ НА ПОВІТРЯНИЙ БАСЕЙН ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ	16
3.1. Динаміка обсягів викидів на території Житомирської області	16
3.2. Територіальні особливості кратностей перевищень середнього по області значення обсягів викидів	20
3.3. Техногенне навантаження на повітряний басейн адміністративних одиниць Житомирської області за показниками обсягів викидів від стаціонарних джерел	23
<i>Висновки до розділу 3</i>	26
ВИСНОВКИ	28
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	30
ДОДАТКИ	34

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Забруднення повітря від стаціонарних джерел є однією з визначальних проблем як у світі, так і в багатьох регіонах України, включаючи Житомирську область. Викиди забруднюючих речовин – серйозний чинник, що може становити загрозу як для здоров'я людини, так і навколишнього середовища, що проявлятиметься у різних негативних та непередбачуваних наслідках, таких як: погіршення якості повітря, збільшення захворюваності органів дихання, збільшення витрат на охорону здоров'я, забруднення природних екосистем, значна економічна шкода, зміна клімату.

Дослідження, оцінка та вирішення проблеми забруднення атмосферного повітря стаціонарними джерелами є важливим аспектом охорони довкілля, а оцінка техногенного впливу викидів стаціонарних джерел на повітряний басейн – актуальною темою, оскільки дозволяє визначити територіальні особливості динаміки викидів, внесок окремих територій до загального по області обсягу викидів, рівень навантаження на повітряний басейн та згрупувати території відповідно отриманим значенням, що дозволить виявити потребу у вжитті заходів для зменшення обсягів викидів та в майбутньому розробити заходи щодо їх зменшення та поліпшення якості повітря та забезпечення безпеки здоров'я населення.

Мета і завдання досліджень. Метою досліджень стала оцінка техногенного впливу викидів стаціонарних джерел на повітряний басейн житомирської області.

Відповідно до мети, завдання включали:

- оцінка динаміки обсягів викидів від стаціонарних джерел на території Житомирської області в цілому та в розрізі її адміністративно-територіальних одиниць за період 2018 – 2021 рр. з визначенням внеску останніх до забруднення повітряного басейну області;

- визначення щільності викидів у розрахунку на км² території та на особу в розрізі адміністративно-територіальних одиниць Житомирської області з встановленням кратностей перевищення середніх значень по області;

- визначення рівня техногенного навантаження в розрахунку на км² території та на особу з групуванням території області за незначним, помірним, середнім, підвищеним, високим та критичним рівнями техногенного впливу викидів стаціонарних джерел на повітряний басейн.

Об'єкт дослідження – обсяги викидів в атмосферне повітря Житомирської області від стаціонарних джерел за період 2018 – 2021 рр.

Предмет дослідження – техногенний вплив викидів стаціонарних джерел на повітряний басейн Житомирської області.

Методи дослідження: аналізу та узагальнення, групування, статистичний та графічний методи.

Наукова новизна одержаних результатів: здійснено групування територій Житомирської області за незначним, помірним, середнім, підвищеним, високим та критичним рівнями техногенного впливу викидів стаціонарних джерел на повітряний басейн.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості їхнього використання для виявлення потреби у вжитті заходів для зменшення обсягів викидів, а також можуть бути корисними для прийняття рішень з планування містобудування, що дозволить запобігти негативним наслідкам при будівництві нових промислових об'єктів, та розвитку економіки в регіоні.

Апробація результатів дослідження:

- 1) XVIII Всеукраїнська науково-практична конференція «Екологія. Наука. Практика – 2022» (21 травня 2022 р., м. Житомир, Поліський національний університет);
- 2) Міжнародна науково-практична конференція молодих науковців, аспірантів і здобувачів вищої освіти «Проблеми та перспективи розвитку сучасної науки» (11-12 травня 2023 р., м. Рівне,

Національний університет водного господарства та природокористування).

Основні положення, що виносяться на захист:

- з 2018 по 2021 рр. в атмосферне повітря області надійшло 49418 т забруднюючих речовин, а обсяг викидів зменшився у 1,1 рази.

- за рівнем техногенного навантаження на територію, всі райони області відносяться до незначного рівня, м. Бердичів – до незначного (2020 р.) та помірного (2018, 2019 рр.), м. Новоград-Волинський – до середнього, м. Малин – до підвищеного (2018 р.), високого (2020 р.) та критичного (2019 р.), м. Коростень – до високого (2019, 2020 рр.) та критичного (2018 р.), м. Житомир – до критичного; за рівнем техногенного впливу на особу у 2018 – 2019 рр. до незначного рівня відносилися 16 із 23 районів області (69,6%), у 2020 р. – 14 (60,9%), а також міста Бердичів, Житомир та Новоград-Волинський;

- в розрізі новостворених районів незначний рівень техногенного навантаження на територію характерний для Коростенського району, помірний – для Житомирського, підвищений – для Новоград-Волинського та критичний для Бердичівського; а в розрахунку на особу – незначний рівень для Житомирського, підвищений – для Бердичівського, критичний – для Коростенського та Новоград-Волинського районів.

РОЗДІЛ 1

ТЕХНОГЕННЕ НАВАНТАЖЕННЯ ВИКИДАМИ ЯК ЗАГРОЗА НАЦІОНАЛЬНІЙ БЕЗПЕЦІ

1.1. Викиди забруднюючих речовин як чинник впливу на довкілля, клімат та здоров'я людини

Техногенне навантаження на навколишнє природне середовище, одним з яких є викиди забруднюючих речовин, відповідно до Стратегії екологічної безпеки та адаптації до зміни клімату до 2030 року є однією з основних екологічних загроз [12] та відповідно Стратегії національної безпеки України – однією з загроз національній безпеці нашої держави [11].

Викиди забруднюючих речовин безпосередньо впливають на зміну клімату (яку у 2021 р. ВООЗ назвала найбільшою загрозою людства [31]), природні екосистеми (втрата біорізноманіття, зниження врожайності), національну спадщину [25], а також є одним з факторів ризику для здоров'я населення, впливаючи на легені, серце, мозок тощо. В свою чергу, зміна клімату також здатна посилити забруднення повітря [23], яке у взаємодії з підвищеними температурами володітиме синергічною негативною дією на системи організму людини, такі як серцево-судинна, дихальна [20, 24] та імунна [22].

У звіті «Стан повітря» за 2022 рік зазначено, що незважаючи на десятиліття прогресу в очищенні джерел забруднення повітря, понад 137 млн. людей піддані впливу забрудненого повітря [28]. Серед забруднюючих речовин найбільш негативну дію на здоров'я людини чинять вуглекислий газ (проблеми з дихальною системою, включаючи астму та хронічний бронхіт), оксиди азоту (розвиток алергій та погіршення функції легень), сірчистий ангідрид (проблеми зі шкірою та очима) та тверді частинки, особливо $PM_{2,5}$ та PM_{10} (проникаючи в легені викликають захворювання дихальної системи: бронхіт, пневмонія та рак легенів, а також збільшують ризик серцево-судинних захворювань).

У світі від забруднення атмосферного повітря фіксується 114,5 випадків смертності на 100 000 населення (в Україні цей показник становить 70,7 випадків) [26] (рис. 1.1).



Рис. 1.1. Рівень смертності, зумовлений забрудненням атмосферного повітря у розрахунку на 100000 населення [26]

1.2. Обсяги викидів як чинник техногенного навантаження

Техногенне навантаження являє собою сукупність впливів, що виникають внаслідок певної діяльності на навколишнє природне середовище і людину. До одного з таких впливів належать викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами [2, 5, 6, 9, 14-18].

У 2021 р. до повітряного басейну України надійшло 2242020,759 т забруднюючих речовин (що склало 100,2% викидів 2020 р.), з них метали та їх сполуки – 3767,1 т (з яких 62,8% - залізо, 8% - манган, 5,2% - оксид алюмінію, 4,6% - цинк, 1,3% - мідь, 1,2% - свинець, 1% - хром) (80,7% рівня 2020 р.), речовини у вигляді суспендованих твердих частинок – 262876,577 т (з них 2,5 мкм та більше – 26,5%, менше 2,5 мкм – 8,5%, сажа – 1,2%) (105,6% рівня 2020 р.), сполуки азоту – 195548,543 т (96,5% рівня 2020 р.), діоксид та інші сполуки сірки – 578045,050 т (95,7% рівня 2020 р.), оксид вуглецю – 704344,218 т (99,6% рівня 2020 р.), озон – 5,599 т (81% рівня 2020 р.), фосфористий водень – 0,025 т (113,6% рівня 2020 р.), органічні аміни – 756,435 т (99,9% рівня 2020

р.), НЛОС – 41081,503 т (101,1% рівня 2020 р.), метан – 454888,423 т (106% рівня 2020 р.), стійкі органічні забруднювачі – 341,427 т (210% рівня 2020 р.), бром та його сполуки – 0,223 т (118,6% рівня 2020 р.), хлор та його сполуки – 250,192 т (95,9% рівня 2020 р.), фтор та його сполуки – 49,484 т (103,4% рівня 2020 р.), ціаніди – 32,153 (85,4% рівня 2020 р.), фреони – 33,856 (89,4% рівня 2020 р.) та викиди діоксиду вуглецю – 111854209,407 т (102,5% рівня 2020 р.). В цілому ж в нашій країні з 1990 р. по 2021 р. обсяг викидів стаціонарними джерелами зменшився на 76,2% (з 9439,1 до 2242 тис. т) [7].

Широкий спектр заходів екологічної політики, які впроваджувалися в ЄС останні 30 років, дозволив скоротити обсяги викидів забруднюючих речовин (рис. 1.2).

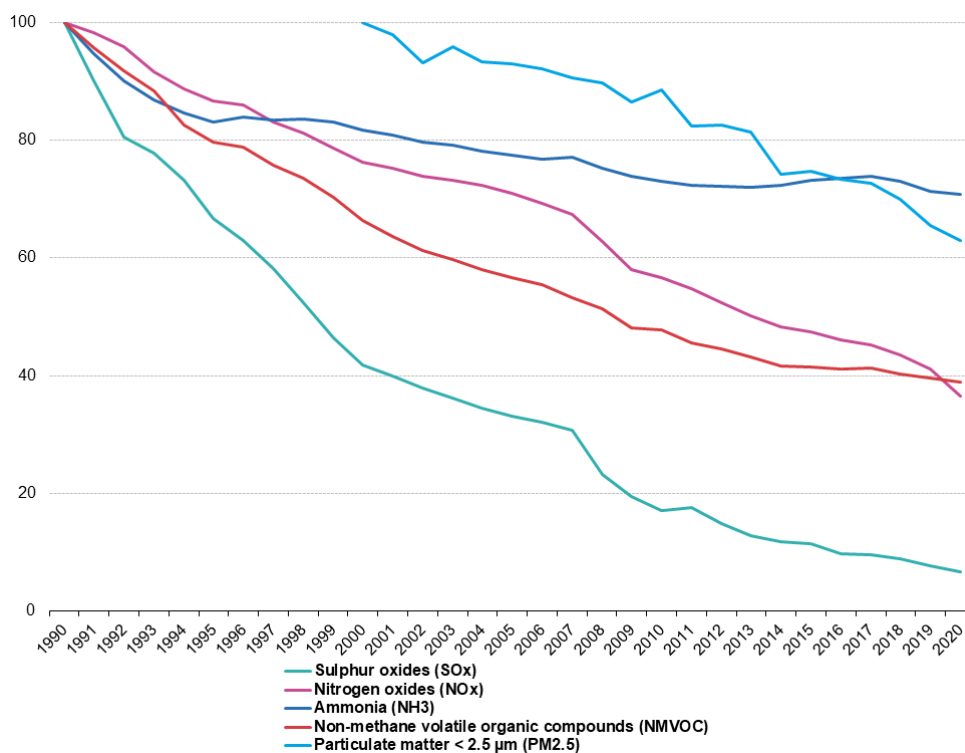


Рис. 1.2. Обсяги викидів забруднюючих речовин в ЄС, 1990–2020 рр. [19]

Найбільше зменшення обсягів викидів з 1990 р. – на 93% – відмічено для оксидів сірки, на 63% – для оксидів азоту, на 61% – для неметанових летких органічних сполук, на 37% – для викиди дрібних твердих частинок (PM_{2,5}), а найменше скорочення – 29% – для викидів аміаку.

Тема техногенного навантаження знайшла відображення й у працях науковців. Зокрема, досліджувалися модулі навантаження на повітряний басейн, водні об'єкти, геологічне середовище (Чугай А.В., 2020), навантаження на територію України (Гончаренко Т.П., 2019; Teslenko O.I., 2019) та її окремі регіони, а саме Львівський (Voznyak O. та ін., 2022), окремі нафтовидобувні території (Аблеєва І.Ю., Пляцук Л.Д., 2021), Херсонську, Миколаївську області (Чугай А.В., 2020), Чернігівську та Житомирську області (Чугай А. та ін., 2021), Сумську (Шмандій В. М. та ін., 2015; Чугай А. та ін., 2021), м. Кам'янське (Мулін В.С. та ін., 2022), міста Дніпро, Харків, Львів (Chugai A., Vazyuka Y., 2019), Київську (Горський А., 2021) та Одеську (Чугай А.В., 2019) агломерації.

Висновки до розділу 1

1. Техногенне навантаження на довкілля є однією з основних екологічних загроз безпеці нашої держави.
2. Оцінка техногенного впливу викидів стаціонарних джерел на повітряний басейн є актуальною, що відображено у багатьох наукових працях, та дозволяє визначити територіальні особливості динаміки викидів, внесок окремих територій до загального по області обсягу викидів, рівень навантаження на повітряний басейн та згрупувати території відповідно отриманим значенням, що дозволить виявити потребу у вжитті заходів для зменшення обсягів викидів та в майбутньому розробити заходи щодо їх зменшення та поліпшення якості повітря та забезпечення безпеки здоров'я населення.

РОЗДІЛ 2

ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Програма проведення досліджень

Дослідження, метою яких стала оцінка техногенного впливу викидів стаціонарних джерел на повітряний басейн Житомирської області, проводилися протягом 2022 – 2023 рр. Програма досліджень передбачала:

- огляд літературних джерел щодо обраної теми досліджень;
- збір даних щодо обсягів викидів забруднюючих речовин від стаціонарних джерел в атмосферне повітря адміністративно-територіальних одиниць Житомирської області за період 2018 – 2021 рр.;
- обробка масиву зібраних даних;
- визначення динаміки обсягів викидів на території Житомирської області в цілому та в розрізі її окремих адміністративних одиниць (2018 – 2020 рр.) та районів (2021 р.);
- визначення щільності викидів забруднюючих речовин в розрахунку на 1 км² території та на 1 особу;
- визначення внеску адміністративних одиниць області до загального значення обсягу викидів по області;
- встановлення кратностей перевищення середнього по області обсягу викидів;
- визначення рівня техногенного навантаження в розрахунку на км² території та на особу;
- групування території області за незначним, помірним, середнім, підвищеним, високим та критичним рівнями техногенного впливу викидів стаціонарних джерел на повітряний басейн Житомирської області;
- графічне представлення даних;
- формулювання висновків.

2.2. Методика проведення досліджень

В якості інформаційної бази дослідження використовували дані, оприлюднені на сайті Головного управління статистики у Житомирській області [4] за період 2018 – 2021 рр.

Оцінку техногенного впливу викидів стаціонарних джерел на повітряний басейн Житомирської області проводили за період 2018 – 2021 рр. (з 2018 по 2020 рр. – для 23 районів та 5 міст, у 2021 р. – для новоутворених відповідно до Постанови Верховної Ради України від 17 липня 2020 р. № 807-ІХ «Про утворення та ліквідацію районів» [13] 4 адміністративних районів).

Вплив викидів від стаціонарних джерел на повітряний басейн Житомирської області оцінювали за наступними показниками:

- 1) обсяг викидів на кілометр квадратний території (відношення обсягу викидів до площі території) та на 1 особу (відношення обсягу викидів до кількості населення);
- 2) внесок міст та районів до забруднення повітряного басейну області (відношення обсягу викидів у окремій адміністративно-територіальній одиниці до загального їх обсягу по області помноженого на 100);
- 3) кратність перевищення середнього по області обсягу викидів (відношення обсягу викидів у окремій адміністративно-територіальній одиниці до середнього по області обсягу);
- 4) рівень техногенного навантаження за методикою, наведеною в роботах [14-17, 21], для чого визначали:
 - відношення обсягу викидів за рік до площі (чисельності населення) окремої адміністративно-територіальної одиниці (кількості населення) за рік;
 - мінімальне та максимальне значення у розрахованому масиві даних;
 - відношення різниці між розрахованим значенням кількості викидів на територію (особу) окремої адміністративно-територіальної одиниці і

мінімальним значенням до різниці між максимальним та мінімальним значеннями по області;

- для оцінки розрахованих значень техногенного навантаження застосовували метод статистичного групування. Кількість груп n визначали за формулою Sturges H. (1926) [27]:

$$n = 1 + 3,322 \cdot \lg N \quad (2.1)$$

$$n = 1 + 3,322 \cdot \lg 28 = 5,808 \approx 6$$

- інтервал групування визначали за формулою 2.2 [8]:

$$i = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{n} \quad (2.2)$$

$$i = \frac{1 - 0}{6} = 0,167$$

Таким чином були отримані наступні 6 інтервалів: від 0 до 0,167; від 0,168 до 0,335; від 0,336 до 0,503; від 0,504 до 0,670; від 0,671 до 0,837 та від 0,838 до 1, що відповідали незначному, помірному, середньому, підвищеному, високому та критичному рівню техногенного навантаження.

Обробку масиву даних та графічне їх представлення здійснювали за допомогою *Microsoft Excel*.

РОЗДІЛ 3

ОЦІНКА ТЕХНОГЕННОГО ВПЛИВУ ВИКИДІВ СТАЦІОНАРНИХ ДЖЕРЕЛ НА ПОВІТРЯНИЙ БАСЕЙН ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ

3.1. Динаміка обсягів викидів на території Житомирської області

За чотири роки (з 2018 по 2021 рр.) в атмосферне повітря Житомирської області надійшло 49418 т забруднюючих речовин. З 2018 по 2020 рр. простежується тенденція до зменшення обсягів викидів у 1,1 рази (з 12971 т до 11819 т, що відповідало максимальному та мінімальному значенню за досліджуваній період), а для 2021 р., навпаки, характерне деяке збільшення обсягів викидів (100,6% рівня попереднього року) (рис. 3.1).

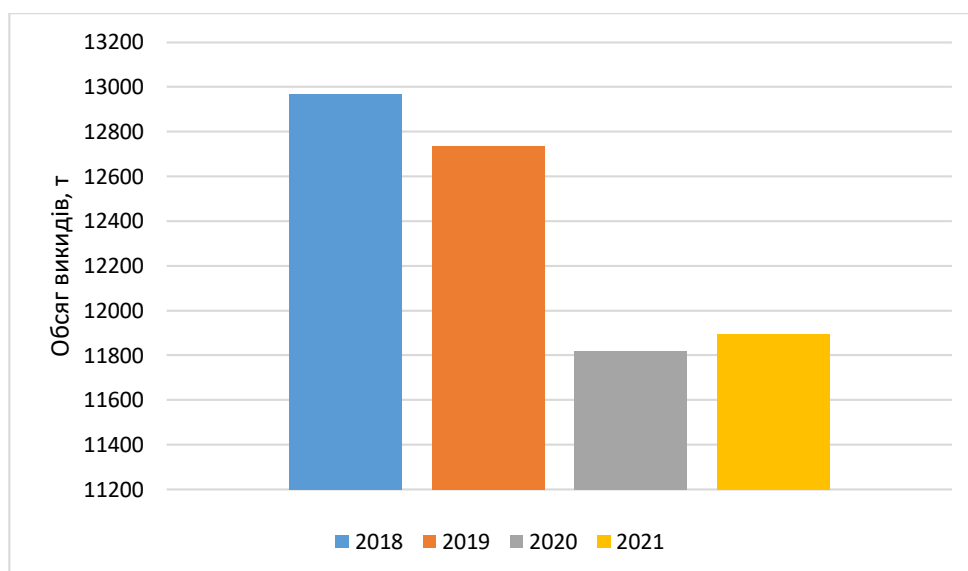


Рис. 3.1. Динаміка обсягу викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря Житомирської області, 2018 – 2021 рр.

Значення обсягів викидів у розрахунку на територію та на одну особу змінювалися в діапазоні від 396,26 до 434,86 кг та від 9,83 до 10,58 кг відповідно, мінімальні значення яких відповідали 2020 р., а максимальні – 2018 р. (рис. 3.2).

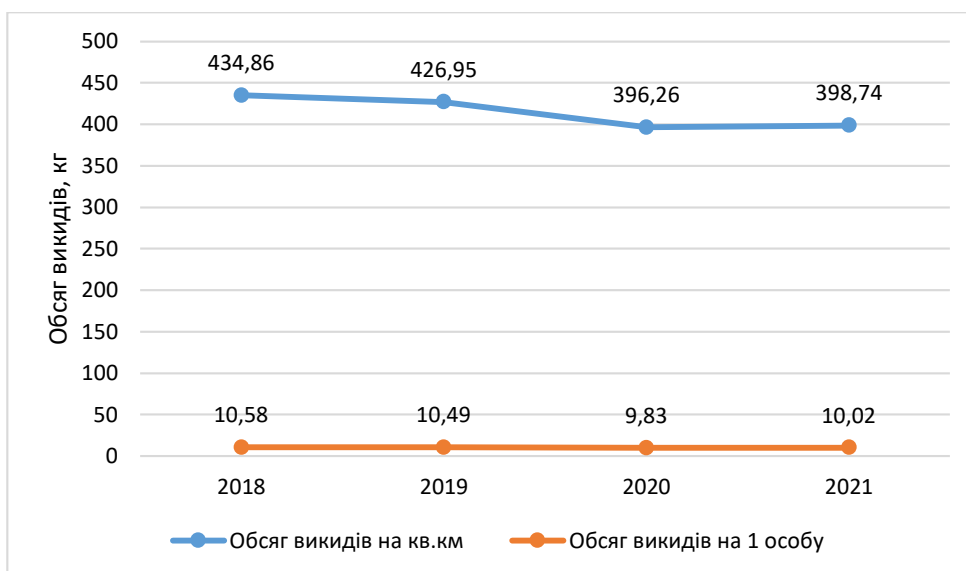


Рис. 3.2. Обсяги викидів на територію та на одну особу, 2018 – 2021 рр.

Визначено, що динаміка обсягів викидів в атмосферне повітря Житомирської області за період 2018 – 2020 рр. мала свої особливості як в межах адміністративно-територіальних утворень, так і в розрізі років.

Серед адміністративно-територіальних утворень області у Новоград-Волинському районі фіксувалися максимальні обсяги викидів – 2337 т (2018 р.), 2113 т (2019 р.) та 1652 т (2020 р.). Наступним за обсягом викидів є м. Житомир, до атмосферного повітря якого за три роки спостережень в середньому надійшло 1594 т забруднюючих речовин. Завершує трійку лідерів за обсягами викидів Коростенський район – 1181 т забруднюючих речовин. Значні обсяги викидів надходили до повітряного басейну Бердичівського – 1026,3 т та Попільнянського районів – 1034,7 т. В середньому від 500 до 800 т забруднюючих речовин було викинуто в атмосферне повітря 3 районів: Житомирського (468,3 т), Малинського (669,7 т), Баранівського (770,7 т) та м. Коростень (698 т). Від 100 до 400 т забруднюючих речовин було викинуто в атмосферне повітря 9 районів: Пулинського (119,3 т), Романівського (131 т), Андрушівського та Ружинського (152,3 т), Чуднівського (205,7 т), Радомишльського (241,7 т), Овруцького (259,7), Хорошівського (271,7 т), Черняхівського (324,7 т) та міст Бердичів (178,7), Новоград-Волинський (268,3 т) і Малин (354,7 т). Для решти території області (7 адміністративних районів)

обсяги викидів були в межах від не перевищували 90 т (Народицький – 9 т, Брусилівський – 32 т, Лугинський – 44,7 т, Олевський – 50,6 т, Ємільчинський – 75 т, Любарський – 76 т, Коростишівський – 86,7 т) (рис. 3.3).

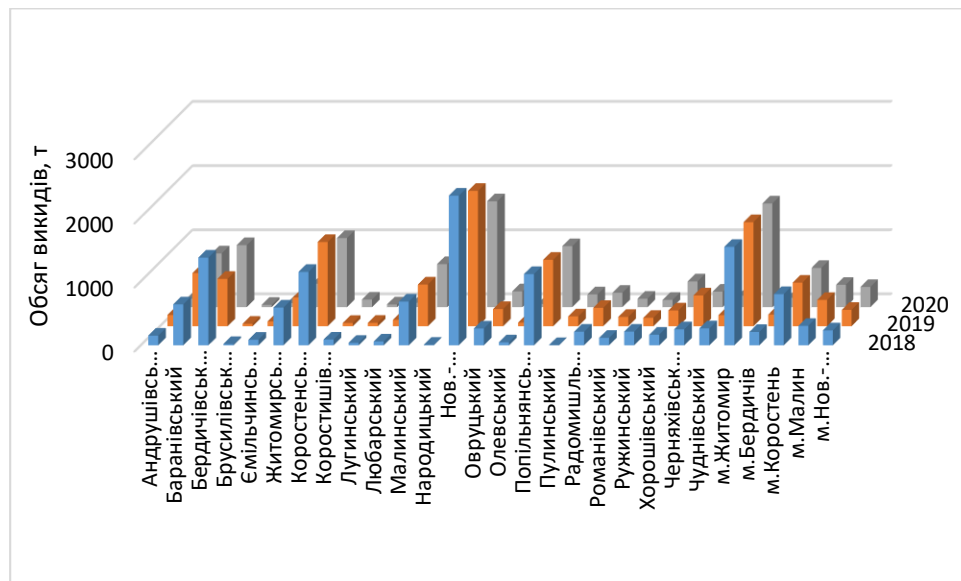


Рис. 3.3. Обсяги викидів, 2018 – 2020 рр.

Внесок міст до обласного рівня обсягів викидів мав тенденцію до збільшення протягом 2018 – 2020 рр. і складав від 23,8 до 25,7%. Проте, в розрізі окремих міст їх частка за вказаний період спостережень в значеннях викидів по області в цілому як збільшувалася (м. Житомир – від 11,9 до 13,7%, м. Малин – від 2,3 до 2,9%, м. Новоград-Волинський – від 1,8 до 2,7%), так і зменшувалася (м. Коростень – від 6,2 до 5,2%, м. Бердичів – від 1,6 до 1,2%). Внесок адміністративних районів до обласного рівня обсягів викидів, навпаки, мав тенденцію до зменшення протягом періоду спостережень і становив від 76,2 до 74,3%. Серед районів найбільш суттєве зменшення внеску окремої території до загального по області обсягу викидів за досліджуваний період мало місце у Новоград-Волинському (з 18 до 14%) та Житомирському (з 4,55 до 3,1%) районах. Для інших територій зменшення їх внеску до загального обсягу викидів по області становило: Ємільчинський – з 0,67 до 0,53%, Попільнянський – з 8,6 до 8,1%, Ружинський – з 1,7 до 1%, Чуднівський – з 2 до 1,5%. Чітке збільшення внеску окремих територій (28,6%) до загального по області обсягу викидів за 2018 – 2020 рр. фіксувалося у Баранівському (з 4,9

до 7,1%), Малинському (з 5,3 до 5,7%), Пулинському (з 0,03 до 1,7%), Хорошівському (з 1,3 до 3,4%), Коростишівському (з 0,7 до 1%), Брусилівському (з 0,15 до 0,3%), Лугинському (з 0,3 до 0,4%), Любарському (з 0,5 до 0,6%) районах (рис. 3.4).

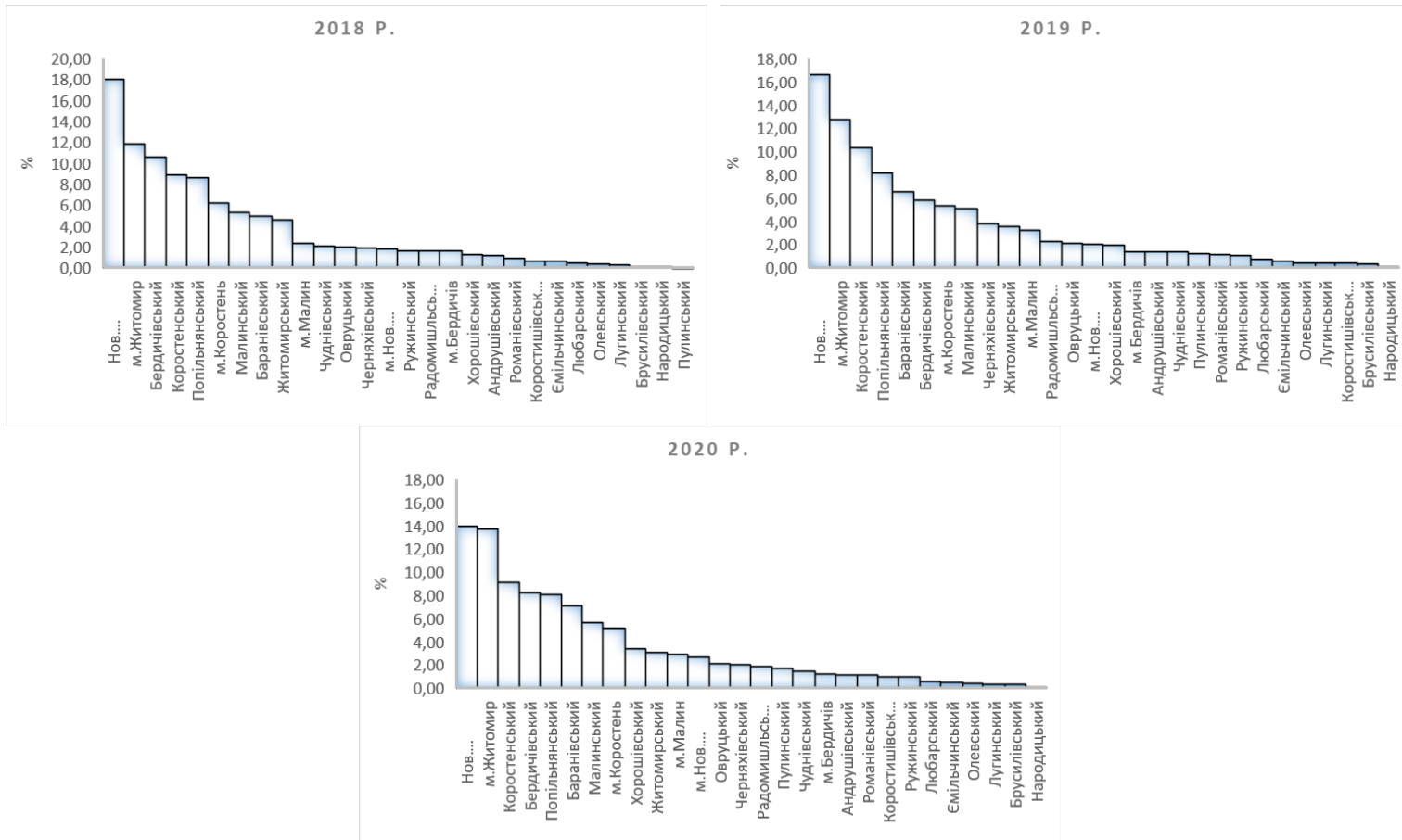


Рис. 3.4. Внесок міст та районів до забруднення повітряного басейну області, 2018 – 2020 рр.

Отже, найбільший внесок до забруднення повітряного басейну області вносили Новоград-Волинський район (від 18% у 2018 р. до 14% у 2020 р.) та м. Житомир (від 11,9% у 2018 р. до 13,7% у 2020 р.). Значну частку забруднення до обласного рівня привносили Коростенський (8,8 – 10,3%), Бердичівський (5,8 – 10,6%), а Попільнянський (8,1 – 8,6%) та Баранівський (4,9 – 7,1%) райони.

У 2021 р. (після проведеного реформування у 2020 р. 23 районів області у 4) найбільша кількість викидів відмічена у Житомирському районі – 4242 т (35,7% викидів по області). Коростенський район до обласного рівня

привносив 28,8% (3431 т), Новоград-Волинський – 20,4% (2431 т), решта – 15% – Бердичівський район (1789 т) (рис. 3.5).

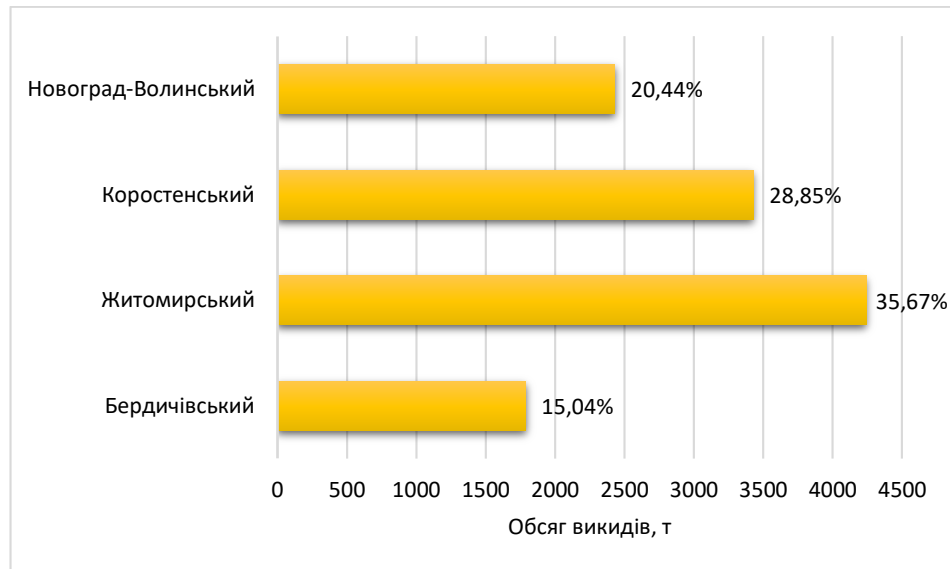


Рис. 3.5. Обсяги викидів забруднюючих речовин (у відсотках зазначений внесок районів до загальної кількості викидів по області), 2021 р.

3.2. Територіальні особливості кратностей перевищень середнього по області значення обсягів викидів

Певні особливості мали й перевищення середнього по області рівня викидів окремих територій. Перевищення середнього по області показника обсягу викидів на одиницю площі мало місце у всіх містах за роки спостережень. При чому максимальні перевищення у 58 – 67 разів та 45,5 – 54,1 рази були характерні для міст Житомир та Коростень, мінімальні – у 10,2 – 13,4 рази – для м. Бердичів. Для інших міст області перевищення обласного рівня обсягів викидів склало 38,8 – 53,5 рази (м. Малин) та 19,9 – 29,4 рази (м. новоград-Волинський). Середній по області показник обсягу викидів у 0,435 т/км² у 2018 р. був перевищений у Бердичівському – у 3,6 рази, Новоград-Волинському – у 2,6 рази, Попільнянському – у 2,5 рази, Баранівському і Коростенському – у 1,5 рази та Малинському районах – у 1,1 рази. У наступному 2019 р. до переліку вище вказаних районів додався Черняхівський, у 2020 р. – Хорошівський. Перевищення середнього по області показника обсягу викидів у 0,427 т/км² у 2019 р. мало місце у Новоград-Волинському – у

2,4 рази, Попільнянському – у 2,3 рази, Бердичівському – у 2 рази, Баранівському – у 1,9 рази, Коростенському – у 1,8 рази, Черняхівському – у 1,3 рази та Малинському районах – у 1,1 рази. У 2020 р. перевищення середнього по області показника обсягу викидів у 0,396 т/км² фіксувалося для Новоград-Волинського – у 2 рази, Попільнянського – у 2,3 рази, Бердичівського – у 2,8 рази, Баранівського – у 2,1 рази, Коростенського – у 1,6 рази, Хорошівського та Малинського районах – у 1,2 рази (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Розраховані кратності перевищення середнього по області значення обсягів викидів у розрахунку на км² території Житомирської області та на особу

	на км ² території			на особу		
	2018	2019	2020	2018	2019	2020
Андрушівський	0,363	0,429	0,346	0,436	0,517	0,419
Баранівський	1,472	1,949	2,120	1,538	2,045	2,235
Бердичівський	3,642	2,004	2,827	4,605	2,538	3,595
Брусилівський	0,073	0,146	0,149	0,127	0,254	0,261
Ємільчинський	0,095	0,084	0,075	0,254	0,227	0,205
Житомирський	0,942	0,730	0,641	0,777	0,594	0,516
Коростенський	1,520	1,777	1,571	4,176	4,918	4,390
Коростишівський	0,212	0,125	0,306	0,212	0,125	0,306
Лугинський	0,090	0,125	0,107	0,228	0,319	0,275
Любарський	0,182	0,309	0,227	0,214	0,364	0,267
Малинський	1,072	1,041	1,158	3,500	3,417	3,834
Народицький	0,016	0,000	0,000	0,090	0,000	0,000
Нов.-Волинський	2,561	2,359	1,987	4,936	4,570	3,861
Овруцький	0,188	0,196	0,194	0,450	0,472	0,470
Олевський	0,048	0,058	0,055	0,108	0,131	0,123
Попільнянський	2,468	2,344	2,319	3,412	3,262	3,240
Пулинський	0,011	0,423	0,592	0,017	0,656	0,921
Радомишльський	0,378	0,518	0,438	0,546	0,753	0,638
Романівський	0,290	0,366	0,356	0,397	0,503	0,491
Ружинський	0,491	0,306	0,285	0,767	0,484	0,455
Хорошівський	0,439	0,665	1,166	0,456	0,692	1,218
Черняхівський	0,679	1,325	0,718	0,848	1,658	0,903
Чуднівський	0,588	0,393	0,433	0,735	0,495	0,549
м.Житомир	57,978	62,431	66,939	0,546	0,586	0,623
м.Бердичів	13,350	11,841	10,165	0,260	0,231	0,198
м.Коростень	54,106	46,911	45,500	1,192	1,030	0,996
м.Малин	38,836	53,479	48,931	1,099	1,510	1,380
м.Нов.-Волинський	19,929	22,207	29,443	0,393	0,436	0,576

Перевищення за показником обсягу викидів у розрахунку на особу дещо відрізнялися від попереднього показниками. На відміну від щільності викидів

на одиницю площі, де мали місце перевищення у всіх містах Житомирської області, перевищення обсягів викидів у розрахунку на особу фіксувалося лише у двох містах: Коростень – (2018 і 2019 рр. – у 1,2 та 1,1 рази відповідно) і Малин (2018 – 2020 рр. – у 1,1, 1,5 та 1,4 рази відповідно) (табл. 3.1). Перевищення за даним показником спостерігалися в тих же районах, що й за показником щільності викидів в розрахунку на територію, проте мали більші значення (за виключенням Хорошівського та Черняхівського районів). Середній по області показник у 10,6 кг/особу у 2018 р. був перевищений у Новоград-Волинському – у 4,9 рази, Бердичівському – у 4,6 рази, Коростенському – у 4,2 рази, Малинському – у 3,5 рази, Попільнянському – у 3,4 рази, Баранівському районах – у 1,5 рази. Перевищення середнього по області показника обсягу викидів у 10,5 кг/особу у 2019 р. фіксувалося у Коростенському – у 4,9 рази, Новоград-Волинському – у 4,6 рази, Малинському – у 3,4 рази, Попільнянському – у 3,3 рази, Бердичівському – у 2,5 рази, Баранівському – у 2 рази та Черняхівському районах – у 1,7 рази. У 2020 р. перевищення середнього по області показника обсягу викидів у 9,8 кг/особу спостерігалося для Коростенського – у 4,4 рази, Новоград-Волинського – у 3,9 рази, Малинського – у 3,8 рази Бердичівського – у 3,6 рази, Попільнянського – у 3,3 рази, Баранівського – у 2,2 рази, Хорошівського районів – у 1,2 рази (табл. 3.1).

Щодо щільності викидів у розрахунку на площу території у 2021 р., то її найбільші значення характерні для Бердичівського району – 0,59 т/км² (у Новоград-Волинському – 0,46 т/км², Житомирському – 0,4 т/км², Коростенському – 0,31 т/км²), що перевищує середнє значення по області (0,40 т/км²) у 1,5 рази (табл. 3.3); в розрахунку на особу – для Новоград-Волинського району – 14,6 кг/особу при середньому значенні по області у 10,1 кг/особу (Коростенський – 13,6 кг/особу, Бердичівський – 11,4 кг/особу, Житомирський – 7 кг/особу).

Таблиця 3.2

Розраховані кратності перевищення середнього по області значення обсягів викидів у розрахунку на км² території Житомирської області та на особу у 2021 р.

Райони	на км ² території	на особу
Бердичівський	1,480	1,133
Житомирський	1,006	0,696
Коростенський	0,785	1,349
Новоград-Волинський	1,157	1,447

3.3. Техногенне навантаження на повітряний басейн адміністративних одиниць Житомирської області за показниками обсягів викидів від стаціонарних джерел

На основі розрахованих нами даних щодо обсягів викидів в атмосферне повітря на одиницю території Житомирської області та на особу, приведення їх до нормованих величин, здійснено групування за 6 рівнями техногенного навантаження за період 2018–2021 рр. (табл. 3.3, 3.4).

Таблиця 3.3

Групування адміністративних одиниць Житомирської області за рівнем техногенного навантаження (у розрахунку на площу території)

Діапазон зміни γ	Рівень техногенного навантаження	Адміністративно-територіальні одиниці
0 – 0,167	незначний	всі райони, м. Бердичів (2020 р.)
0,168 – 0,335	помірний	м. Бердичів (2018, 2019 рр.)
0,336 – 0,503	середній	м. Новоград-Волинський (2018 – 2020 рр.)
0,504 – 0,670	підвищений	м. Малин (2018 р.)
0,671 – 0,837	високий	м. Коростень (2019, 2020 рр.), м. Малин (2020 р.)
0,838 – 1,0	критичний	м. Житомир (2018 – 2020 рр.), м. Коростень (2018 р.), м. Малин (2019 р.)

Як бачимо з табл. 3.3, за рівнем техногенного навантаження на територію, всі райони області відносяться до незначного рівня, м. Бердичів – до незначного (2020 р.) та помірного (2018, 2019 рр.), м. Новоград-Волинський – до середнього, м. Малин – до підвищеного (2018 р.), високого (2020 р.) та критичного (2019 р.), м. Коростень – до високого (2019, 2020 рр.) та критичного (2018 р.), м. Житомир – до критичного.

Результати ранжування територій області за рівнем техногенного навантаження на територію на підставі розрахованих значень γ представлені на рис. 3.6.

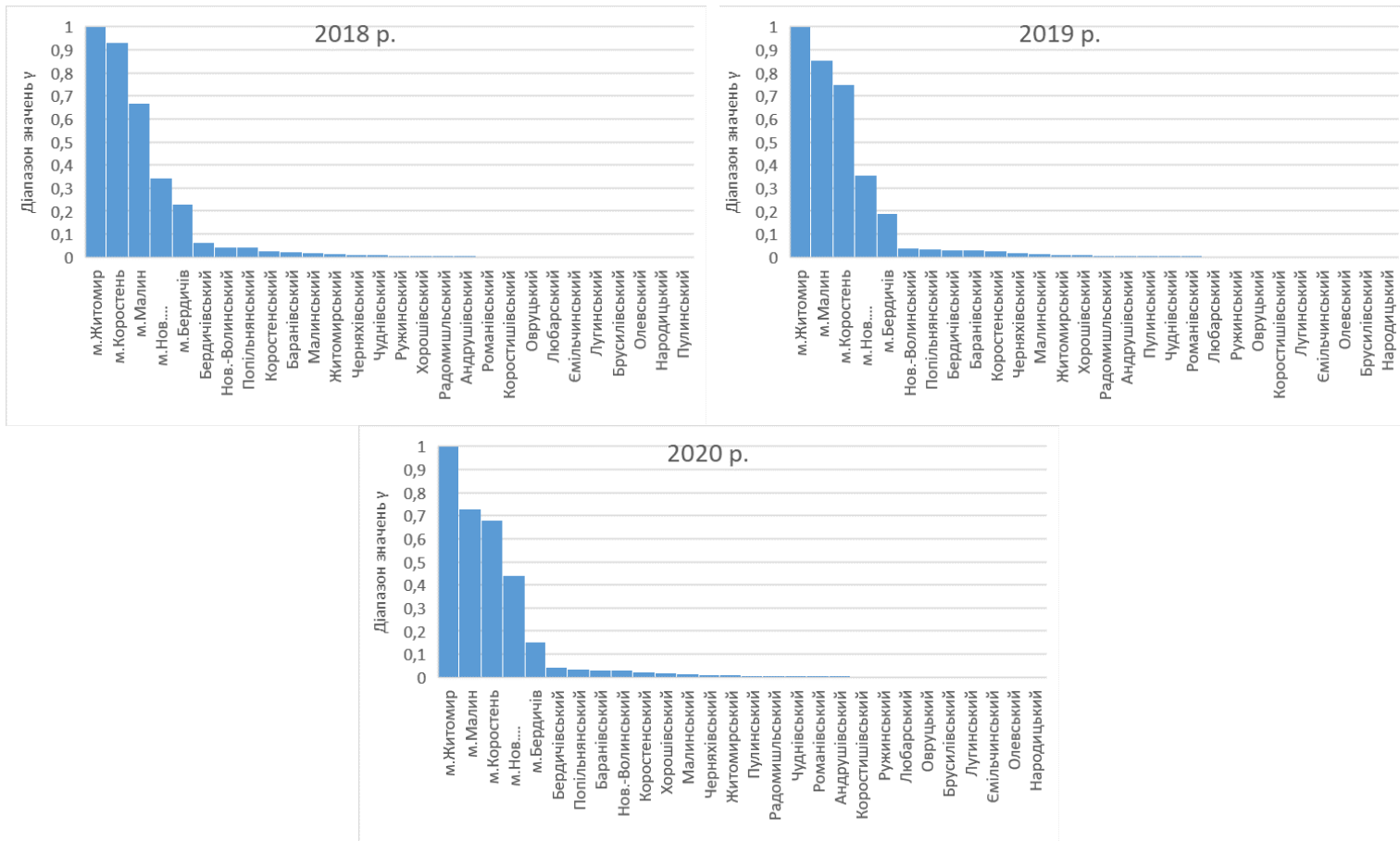


Рис. 3.6. Результати ранжування територій області за рівнем техногенного навантаження на територію

В розрізі реформованих 4 районів, розраховані значення техногенного навантаження на територію свідчать про незначний рівень для території Коростенського району, помірний – для Житомирського ($\gamma = 0,318$), підвищений – для Новоград-Волинського ($\gamma = 0,536$) та критичний для Бердичівського ($\gamma = 1,0$).

За рівнем техногенного впливу на особу у 2018 – 2019 рр. до незначного рівня відносилися 16 із 23 районів області (69,6%), у 2020 р. – 14 (60,9%); помірного рівня у 2018 р. – 2 райони (8,7%), у 2019 р. – 1 район (4,3%), у 2020 р. – 3 (13%), до середнього рівня у 2019 р. – 1 район (4,3%), до підвищеного у 2019 р. – 2 райони (8,7%), у 2020 р. – 1 район (4,3%), до високого – у 2018 р. –

2 райони (8,7%), у 2019 р. – 1 район (4,3%), у 2020 р. – 2 райони (8,7%), до критичного – у 2018 р. – 3 райони (13%), у 2019 – 2 райони (8,7%), у 2020 р. – 3 райони (13%).

Таблиця 3.4

**Групування регіонів України за рівнем техногенного навантаження
(у розрахунку на особу)**

Діапазон зміни γ	Рівень техногенного навантаження	Адміністративно-територіальні одиниці
0 – 0,167	незначний	Андрушівський, Брусилівський, Ємільчинський, Житомирський, Коростишівський, Лугинський, Любарський, Народицький, Овруцький, Олевський, Пулинський (2018, 2019 рр.), Радомишльський, Романівський, Ружинський, Хорошівський (2018-2019 рр.), Чуднівський райони, м. Бердичів, м. Житомир, м. Новоград-Волинський
0,168 – 0,335	помірний	Баранівський (2018 р.), Пулинський (2020 р.), Хорошівський (2020 р.), Черняхівський райони, м. Коростень, м. Малин
0,336 – 0,503	середній	Баранівський (2019 р.)
0,504 – 0,670	підвищений	Баранівський (2020 р.), Бердичівський (2019 р.), Попільнянський райони (2019 р.)
0,671 – 0,837	високий	Бердичівський (2020 р.), Малинський (2018, 2019 рр.), Попільнянський райони (2018, 2020 рр.)
0,838 – 1,0	критичний	Бердичівський (2018 р.), Новоград-Волинський, Коростенський (2018 – 2020 рр.), Малинський райони (2020 р.)

Міста Бердичів, Житомир та Новоград-Волинський за рівнем техногенного впливу на особу належать до незначного рівня, міста Коростень та Малин – до помірного.

На рис. 3.7 представлені результати ранжування територій області за рівнем техногенного впливу на підставі розрахованих значень γ .

В розрізі реформованих 4 районів, розраховані значення техногенного навантаження у розрахунку на особу вказують на незначний рівень для території Житомирського району, підвищений – для Бердичівського ($\gamma = 0,582$), критичний – для Коростенського ($\gamma = 0,869$) та Новоград-Волинського ($\gamma = 1,0$).

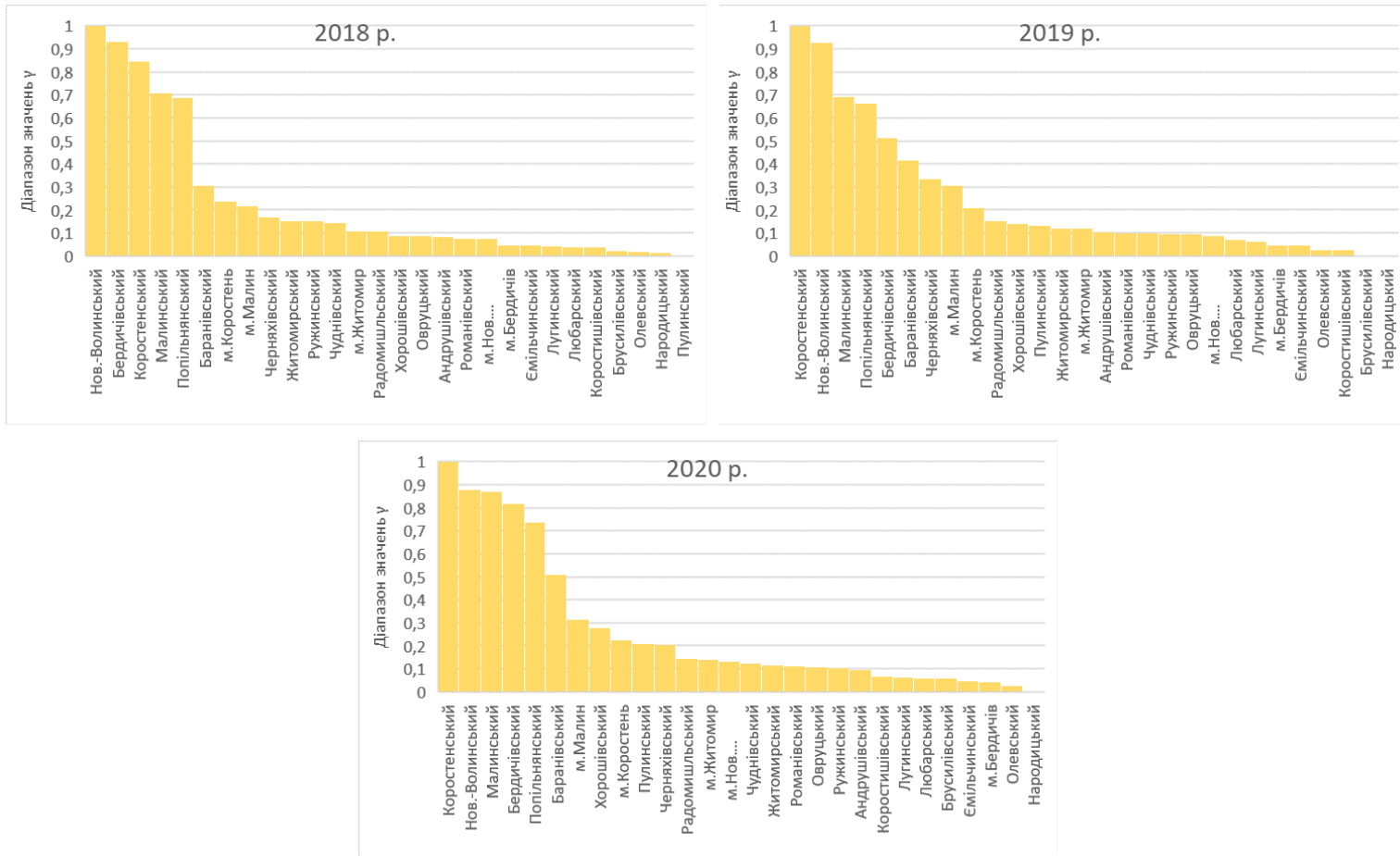


Рис. 3.7. Результати ранжування територій області за рівнем техногенного навантаження на особу

Висновки до розділу 3

1. З 2018 по 2021 рр. в атмосферне повітря області надійшло 49418 т забруднюючих речовин, а обсяг викидів зменшився у 1,1 рази.

2. Перевищення середнього по області показника обсягу викидів до 67 разів на одиницю площі мало місце у всіх містах, а на особу – до 1,5 рази – лише у м. Коростень та Малин.

3. За рівнем техногенного навантаження на територію, всі райони області відносяться до незначного рівня, м. Бердичів – до незначного (2020 р.) та помірного (2018, 2019 рр.), м. Новоград-Волинський – до середнього, м. Малин – до підвищеного (2018 р.), високого (2020 р.) та критичного (2019 р.), м. Коростень – до високого (2019, 2020 рр.) та критичного (2018 р.), м. Житомир – до критичного; за рівнем техногенного впливу на особу у 2018 –

2019 рр. до незначного рівня відносилися 16 із 23 районів області (69,6%), у 2020 р. – 14 (60,9%), а також міста Бердичів, Житомир та Новоград-Волинський.

4. В розрізі новостворених районів незначний рівень техногенного навантаження на територію характерний для Коростенського району, помірний – для Житомирського, підвищений – для Новоград-Волинського та критичний для Бердичівського; а в розрахунку на особу – незначний рівень для Житомирського, підвищений – для Бердичівського, критичний – для Коростенського та Новоград-Волинського районів.

ВИСНОВКИ

1. За чотири роки досліджень (з 2018 по 2021 рр.) в атмосферне повітря Житомирської області надійшло 49418 т забруднюючих речовин, а обсяг викидів зменшився у 1,1 рази. У розрахунку на км² території обсяг викидів змінювався від 396,26 до 434,86 кг, на особу – від 9,83 до 10,58 кг відповідно, мінімальні значення яких відповідали 2020 р., а максимальні – 2018 р.

2. Серед адміністративно-територіальних утворень області до трійки лідерів за обсягами викидів увійшли Новоград-Волинський район (6102 т), м. Житомир (1594 т) та Коростенський район (1181 т).

3. У структурі забруднення повітряного басейну питома вага міст мала тенденцію до збільшення і складала 23,8% (2018 р.), 24,8% (2019 р.) та 25,7% (2020 р.) (найбільшу питому вагу мало м. Житомир – від 11,9 до 13,7%), а районів – до зменшення – від 76,2 до 74,3% (найбільший внесок мав Новоград-Волинський район – від 18% у 2018 р. до 14% у 2020 р.).

4. У 2021 р. з 4 новостворених районів Житомирський привнесив 35,7% викидів до обласного рівня (4242 т), Коростенський – 28,8% (3431 т), Новоград-Волинський – 20,4% (2431 т), Бердичівський район – 15% (1789 т).

5. Перевищення середнього по області показника обсягу викидів на одиницю площі мало місце у всіх містах за роки спостережень. Максимальні перевищення у 58 – 67 разів і 45,5 – 54,1 рази були характерні для міст Житомир і Коростень та у 2 – 2,6 рази – для Новоград-Волинського району.

6. Перевищення обсягів викидів у розрахунку на особу фіксувалося лише у двох містах: Коростень (2018 і 2019 рр. – у 1,2 та 1,1 рази відповідно) і Малин (2018 – 2020 рр. – у 1,1, 1,5 та 1,4 рази відповідно), а серед районів найбільші перевищення відмічені у Новоград-Волинському – від 3,9 до 4,9 разів.

7. У 2021 р. найбільші значення щільності викидів характерні для Бердичівського – 0,59 т/км² та Новоград-Волинського району – 14,6 кг/особу, що перевищувало середнє значення по області у 1,5 та 1,4 рази відповідно.

8. За рівнем техногенного навантаження на територію, всі райони області відносяться до незначного рівня, м. Бердичів – до незначного (2020 р.) та помірного (2018, 2019 рр.), м. Новоград-Волинський – до середнього, м. Малин – до підвищеного (2018 р.), високого (2020 р.) та критичного (2019 р.), м. Коростень – до високого (2019, 2020 рр.) та критичного (2018 р.), м. Житомир – до критичного.

9. За рівнем техногенного впливу на особу у 2018 – 2019 рр. до незначного рівня відносилися 16 із 23 районів області (69,6%), у 2020 р. – 14 (60,9%), а також міста Бердичів, Житомир та Новоград-Волинський. Міста Коростень та Малин належали до помірного техногенного впливу. По 1 району у 2019 р. відносилися до помірного, середнього та високого, у 2020 р. – до підвищеного рівнів, по 2 райони у 2018 р. – до помірного та високого, у 2019 р. – до підвищеного та критичного, у 2020 р. – до високого рівнів, по 3 райони у 2020 р. – до помірного та у 2018 та 2020 рр. – до критичного рівнів техногенного впливу.

10. В розрізі новостворених районів незначний рівень техногенного навантаження на територію характерний для Коростенського району, помірний – для Житомирського, підвищений – для Новоград-Волинського та критичний для Бердичівського; а в розрахунку на особу – незначний рівень для Житомирського району, підвищений – для Бердичівського, критичний – для Коростенського та Новоград-Волинського.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аблеєва І.Ю., Пляцук Л.Д. Системний підхід до підвищення екологічної безпеки нафтовидобувних територій: монографія. Суми: Сумський державний університет, 2021. 275 с.
2. Валерко Р.А., Герасимчук Л.О. Оцінка рівня техногенного навантаження Житомирської області. *Вісник ЖНАЕУ*. 2017. №1(58), т. 1. С. 39-48. URL: <http://ir.znau.edu.ua/handle/123456789/8052>.
3. Герасимчук Л.О., Члек О.М., Невмержицький К. Кількісна оцінка викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря Житомирської області від стаціонарних джерел. *Екологія. Наука. Практика – 2022: мат-ли XVIII Всеукр. наук.-практ. конф.*, 21 травня 2022 р. Житомир: Поліський національний університет, 2022. С. 25–26.
4. Головне управління статистики у Житомирській області: офіційний веб-сайт. URL: <http://www.zt.ukrstat.gov.ua>.
5. Гончаренко Т.П., Жицька Л. І., Плахотня Л. І., Комплексна оцінка техногенного впливу на довкілля по регіонах України. *Вісник Черкаського державного технологічного університету*. 2019. №2. С. 117-125. DOI: 10.24025/2306-4412.2.2019.167801
6. Горський А. Оцінка техногенного впливу стаціонарних джерел забруднення на стан повітряного басейну Київської агломерації. *Економіка природокористування і сталий розвиток*. 2021. №9(28). С. 72–79. DOI: 10.37100/2616-7689.2021.9(28).10.
7. Державна служба статистики України: офіційний веб-сайт. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua>.
8. Мармоза А.Т. Теорія статистики: підручник. К.: Центр учбової літератури, 2013. 592 с.
9. Мулін В.С., Матухно О.В., Лідкова А.О., Харламова О.В. Визначення модулю техногенного навантаження на атмосферне повітря міста Кам'янське. *Сталий розвиток: захист навколишнього середовища*.

Енергоощадність. Збалансоване природокористування: м-ли VII Міжнар. молодіжн. конгресу, (10-11 лютого 2022, Україна, Львів). Київ: Яроченко Я.В., 2022. С. 45. DOI: 10.51500/7826-04-9.

10. Про охорону атмосферного повітря: Закон України від 16.10.1992 № 2707-XII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2707-12>.

11. Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 14 вересня 2020 року «Про Стратегію національної безпеки України»: Указ Президента України №392/2020. URL: <https://www.president.gov.ua/documents/3922020-35037>.

12. Про схвалення Стратегії екологічної безпеки та адаптації до зміни клімату на період до 2030 року: Кабінет Міністрів України; Розпорядження від 20 жовтня 2021 р. № 1363-р. URL: <https://ips.ligazakon.net/document/view/kr211363>.

13. Про утворення та ліквідацію районів: Постанова Верховної Ради України від 17.07.2020 № 807-IX. URL: <https://tzakon1.rada.gov.ua/go/807-20>.

14. Чугай А. В. Особливості техногенного впливу на довкілля Херсонської області. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2020. №3(30). С. 60–65. DOI: 10.36930/40300311.

15. Чугай А. В. Стан та якість повітряного басейну Одеської промислово-міської агломерації. *Екологічна безпека*. 2019. № 2(28). С. 81–85. DOI: 10.30929/2073-5057.2019.2.81-85.

16. Чугай А., Боровська Г., Тимошенко Д. Оцінка техногенного впливу на повітряний басейн північних регіонів України. *Проблеми хімії та сталого розвитку*. 2021. №4. С. 68–73. DOI: 10.32782/pcsd-2021-4-10.

17. Чугай А.В. Техногенне навантаження на довкілля Миколаївської області. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2020. №2. С. 27–33. DOI: 10.31649/1997-9266-2020-149-2-27-33.

18. Шмандій В.М., Пляцук Д.Л., Гурець Л.Л. Алгоритм розрахунку техногенного навантаження від викидів забруднюючих речовин в атмосферу.

ScienceRise. Технічні науки. 2015. №2(10). С. 43–48. DOI: 10.15587/2313-8416.2015.42635A.

19. Air pollution statistics – emission inventories. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Air_pollution_statistics_-_emission_inventories.

20. Anenberg S.C., Haines S., Wang E., Nassikas N., Kinney P.L. Synergistic health effects of air pollution, temperature, and pollen exposure: a systematic review of epidemiological evidence. *Environ Health.* 2020. 19:130. DOI: 10.1186/s12940-020-00681-z.

21. Chugai A., Bazyka Y., Analysis of technogenic load on the air basin of industrial and urban agglomerations in Ukraine. *Environmental Problems.* 2019. №3(4). P. 135–142. DOI: 10.23939/ep2019.03.135.

22. Di D., Zhang L., Wu X., Leng R. Long-term exposure to outdoor air pollution and the risk of development of rheumatoid arthritis: a systematic review and meta-analysis. *Semin Arthritis Rheum.* 2020. №50. P. 266–275. DOI: 10.1016/j.semarthrit.2019.10.005.

23. Keswani A., Akselrod H., Anenberg S.C. Health and clinical impacts of air pollution and linkages with climate change. *NEJM Evid.* 2022. №1(7). DOI: 10.1056/EVIDra2200068.

24. Lee S.W., Yon D.K., James C.C. et al. Short-term effects of multiple outdoor environmental factors on risk of asthma exacerbations: age-stratified time-series analysis. *J Allergy Clin Immunol.* 2019. №144. P. 1542–1550. DOI: 10.1016/j.jaci.2019.08.037.

25. Monks P.S., Granier C., Fuzzi S., Stohl A. et al. Atmospheric composition change – global and regional air quality. *Atmospheric Environment.* 2009. №43(33). P. 5268–5350. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2009.08.021.

26. Mortality rate attributed to household and ambient air pollution, age-standardized (per 100,000 population). URL: <https://data.worldbank.org/indicator/SH.STA.AIRP.P5>.

27. Sturges H. The choice of a class-interval. *Journal of the American Statistical Association*. 1926. №21. P. 65–66.
28. State of the air 2022 / American Lung Association. URL: <https://www.lung.org/getmedia/74b3d3d3-88d1-4335-95d8-c4e47d0282c1/SOTA-2022.pdf>.
29. Teslenko O.I. Scenarios of the development of district heating systems in of Ukraine, included to the National Plan for the reduction of emissions. *Problems of General Energy*. 2019. №4. P. 54–62. DOI: 10.15407/pge2019.04.054.
30. Voznyak O., Yurkevych Y., Dovbush O., Savchenko O., Kasynets M. Monitoring the state of the air environment in the Lviv region. *Theory and Building Practice*. 2022. №4(1). P. 49–56. DOI: 10.23939/jtbp2022.01.049.
31. World Health Organization. COP26 special report on climate change and health: the health argument for climate change. Geneva: World Health Organization, 2021.