

<https://doi.org/10.26565/2410-7360-2026-64-18>

УДК 504.3+528.8

Геопросторовий аналіз щільності шкідливих викидів в атмосферне повітря стаціонарними джерелами у Рівненському районі Рівненської області

Сергій Остапчук¹,  <https://orcid.org/0000-0002-4493-1144>, e-mail: s.m.ostapchuk@nuwm.edu.ua

к. т. н., доцент, кафедра геодезії та картографії

Оксана Остапчук¹,  <https://orcid.org/0000-0003-4774-3605>, e-mail: o.p.ostapchuk@nuwm.edu.ua

к. т. н., доцент, кафедра комп'ютерних наук та прикладної математики

Ольга Лазарець¹,  <https://orcid.org/0009-0006-9628-7449>, e-mail: 2026geo@ukr.net

бакалавр, кафедра геодезії та картографії

¹ Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, Україна

АНОТАЦІЯ

Атмосфера відіграє визначальну роль у функціонуванні біогеохімічних циклів. Вона бере участь у таких природних процесах, як дихання, фотосинтез, кругообіг води, теплообмін, а також виконує захисну функцію, оберігаючи земну поверхню від надлишкового сонячного випромінювання. Усе це свідчить про її важливе значення у підтриманні життя, кліматичного балансу та екологічної стабільності. Проте активна господарська діяльність людини може істотно погіршити якість повітряного середовища. У результаті техногенного впливу в атмосферу потрапляють численні шкідливі домішки, які негативно позначаються не лише на здоров'ї людей, а й на урожайності сільськогосподарських культур, стані ґрунтового покриву, водних екосистем та ін. У дослідженні проведено відбір та узагальнення статистичних даних стосовно викидів забруднювальних речовин і парникових газів в атмосферне повітря стаціонарними джерелами на території громад Рівненського району Рівненської області. Виконано обчислення щільності викидів з урахуванням площ територіальних громад, що дозволяє оцінити інтенсивність забруднення. Для здійснення обробки, візуалізації та аналізу інформації використано спеціальне програмне забезпечення ArcMap. Представлено авторські тематичні карти, на яких відображено розподіл щільності викидів забруднювальних речовин і парникових газів як загалом, так і за окремими групами (метали та їх сполуки, речовини у вигляді суспендованих твердих частинок, сполуки азоту, діоксид та інші сполуки сірки, оксид вуглецю, діоксид вуглецю, неметанові леткі органічні сполуки). Картографічне моделювання дозволило виявити потенційно проблемні території щодо несприятливої екологічної ситуації та встановити просторові закономірності їх розповсюдження. Отримані результати дослідження можуть бути практично застосовані органами місцевого самоврядування, екологічними службами, аналітичними структурами, окремими підприємствами та установами з метою ухвалення виважених управлінських рішень, розробки регіональної екологічної політики та впровадження заходів щодо зменшення техногенного тиску на навколишнє середовище в межах Рівненського району.

ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ :

Рукопис надійшов

7 липня 2025

Отримано після рецензування

13 серпня 2025

Затверджено до друку

25 травня 2026

Опубліковано онлайн

30 травня 2026

Ключові слова :

атмосферне повітря, забруднювальні речовини, парникові гази, викиди, щільність забруднення, моніторинг, територіальні громади, геоінформаційні технології, тематичні карти.

Постановка проблеми

Атмосферне повітря є одним з найбільш важливих компонентів природного середовища і безпосередньо впливає на здоров'я людей, кліматичні процеси, стан екосистем. Уже впродовж тривалого часу простежується посилення техногенного впливу на атмосферу, зумовлене зростанням викидів шкідливих речовин від про-

мислових підприємств, енергетичних об'єктів та інших стаціонарних джерел. Загроза від таких викидів обумовлена не лише їхнім хімічним складом, але й обсягами та тривалістю впливу на навколишнє середовище. У зв'язку з цим виникає потреба в систематичному моніторингу якості повітря та оперативному виявленні територій із підвищеним екологічним ризиком. До складу

Як цитувати :

Остапчук Сергій, Остапчук Оксана, Лазарець Ольга (2026). Геопросторовий аналіз щільності шкідливих викидів в атмосферне повітря стаціонарними джерелами у Рівненському районі Рівненської області. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна Серія «Геологія. Географія. Екологія»*, (64), 228–243. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2026-64-18>



© Сергій Остапчук, Оксана Остапчук, Ольга Лазарець, 2026
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

забруднювальних речовин, що потрапляють у повітря в результаті антропогенної діяльності, входить велика кількість хімічних елементів та їх сполук. Серед них особливо значущими є: метали та їх сполуки, суспендовані тверді частинки, сполуки азоту, діоксид та інші сполуки сірки, оксид та діоксид вуглецю, неметанові леткі органічні сполуки та ін.

Оцінка обсягів та просторового розміщення викидів дає змогу визначити рівень впливу техногенної діяльності на навколишнє середовище в межах окремих адміністративно-територіальних одиниць. Ефективним інструментом для візуалізації та аналізу такого роду відомостей можуть виступати геоінформаційні технології, які забезпечують інтеграцію просторових і статистичних даних, створення тематичних карт та здійснення інтерпретації відповідних показників. ГІС-технології уже традиційно активно застосовуються для моніторингу стану довкілля, дослідження рівня техногенного навантаження на територіях, розробки природоохоронних заходів та ін.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

У сучасних умовах інтенсивного соціально-економічного розвитку як на глобальному рівні, так і в Україні, різноманітні питання, пов'язані із вивченням впливу техногенної діяльності на стан атмосферного повітря є непростим і комплексним завданням. Саме тому ця тема широко висвітлюється у науковій літературі, де розглядаються ті чи інші аспекти проблеми, аналізуються конкретні ситуації та застосовуються різні методики оцінювання.

У ході дослідження [1] проаналізовано динаміку викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря на території України за період з 2016 по 2020 роки. Встановлено, що загальний обсяг шкідливих викидів зменшився. Основну частку викидів утворюють стаціонарні джерела, тоді як пересувні джерела мають значно менший внесок. Незважаючи на загальну тенденцію до скорочення, високий рівень токсичного навантаження продовжує негативно впливати на густонаселені та промислово розвинені регіони. Аналіз структури викидів за видами економічної діяльності засвідчив, що найбільше забруднення атмосферного повітря спричиняють підприємства електроенергетики, видобувної та переробної промисловості.

Одним із ключових елементів системи моніторингу стану атмосферного повітря є вивчення процесу утворення шкідливих домішок та прогнозування рівнів забруднення з урахуванням типів макромасштабної циркуляції, характеристики приземного шару атмосфери та спе-

цифіки місцевих природно-географічних умов. Це має особливе значення для територій із високою концентрацією промислових об'єктів, які постійно спричиняють забруднення повітря. У статті [2] представлено результати аналізу основних умов, що впливають на якість повітря в різних районах Одеси.

Розглядається проблема забруднення атмосферного повітря в найбільш урбанізованих містах Волинської області – Луцьку, Ковелі, Ново-волинську та Володимир-Волинському [3]. Проаналізовано фізико-географічні особливості розташування міст (рельєф місцевості, особливості атмосферної циркуляції тощо), демографічну ситуацію, щільність населення, а також наявність і характер промислового виробництва.

У публікації [4] висвітлено актуальні для органів місцевого самоврядування питання оцінки сучасного екологічного стану, виявлення екологічних проблем і формування перспектив сталого та безпечного розвитку Володимир-Волинської територіальної громади, що розташована у Волинській області. На основі аналізу природних ресурсів регіону, особливостей їхнього використання, рівня соціально-економічного розвитку, а також результатів реалізації місцевих екологічних програм, визначено перелік ключових екологічних викликів, що потребують першочергового вирішення.

Проаналізовано вплив об'єктів Лисичансько-Рубіжанського промислового вузла на екологічний стан окремих компонентів природного середовища, зокрема й атмосферного повітря [5].

Досліджено екологічні наслідки промислової діяльності на транскордонних територіях, зосереджуючи при цьому увагу на Чернігівській області [6]. Акцент зроблено на просторовому аналізі забруднення такими небезпечними речовинами, як важкі метали (ртуть, кадмій, свинець), нітрати, нафтопродукти та діоксид азоту. Ідентифіковано найбільш екологічно вразливі території та виявлено прямий взаємозв'язок між рівнем забруднення довкілля, ризиками для здоров'я населення та зниженням стійкості природних екосистем.

У роботі [7] описано створену автоматизовану систему для моніторингу забруднення повітря діоксидом азоту та оксидом вуглецю на території українських міст із використанням супутникових даних Sentinel-5P у режимі, наближеному до реального часу. Ця система забезпечує отримання детальної інформації про концентрацію NO_2 та CO в атмосфері над такими містами як Київ, Харків, Одеса та Кривий Ріг. При цьому вдалося визначити найбільш забруднені зони в межах кожного з цих міст.

При виконанні ландшафтно-екологічного планування території Харківської області створені картографічні моделі, що відображають стан

атмосферного повітря [8]. З'ясовано, що основну частку в забрудненні атмосфери складають діоксид сірки, діоксид азоту, оксид вуглецю та пил. За допомогою розроблених карт виявлено зони з найвищим рівнем забруднення, а також простежено динаміку змін викидів окремих речовин у часовому вимірі для всіх районів області.

Основною метою дослідження [9] є оцінка індексу якості повітря в Києві, ідентифікація основних джерел атмосферного забруднення та створення наочних екологічних карт. Для збору інформації використовувалися показники з 15 сенсорів міжнародної мережі AQI. У роботі представлено новий підхід до створення актуальних та візуально зрозумілих тематичних карт повітряного забруднення, які можуть бути використані екологічними службами та іншими зацікавленими сторонами.

У публікаціях висвітлено ключові фактори, які зумовлюють забруднення атмосферного повітря під впливом окремих стаціонарних джерел, як от під час буріння свердловин [10], діяльності свиногокомплексів [11] та ін. Зазначено, що речовини, які викидаються в атмосферу, створюють потенційні загрози для довкілля та здоров'я людей.

Дослідження [12] спрямоване на підвищення ефективності управлінських рішень у сфері охорони навколишнього середовища шляхом застосування сучасних підходів до оцінки ризику для здоров'я населення, викликаного наявним рівнем забруднення атмосферного повітря. У статті запропоновано ієрархічну методику, яка дозволяє оцінювати небезпеку забруднення повітря на трьох рівнях – державному, регіональному та місцевому. Розроблена авторська методика враховує збереження поточних тенденцій антропогенного навантаження, а також імовірність виникнення надзвичайних ситуацій.

Пильну увагу даній тематиці приділяють і зарубіжні вчені. У їх працях досліджуються обсяги викидів в атмосферу повітря толуолу, етилбензолу та ксилолу з 26 нафтопереробних заводів у Нігерії [13], діоксиду сірки і діоксиду азоту прокатним виробництвом сталеливарного комплексу Сепід-Фараб Кавір в Ірані [14], твердих частинок, зокрема миш'яку, кадмію та хрому у високотемпературному міському середовищі Нанкіна у Китаї [15], виконується аналіз атмосферних викидів забруднювальних речовин та формулюються висновки щодо рівня екологічної напруги в окремих населених пунктах у межах Кура-Араксинської рівнини Азербайджанської Республіки [16], у гірській долині Катманду у Непалі [17], розглядаються питання взаємозв'язку між викидами шкідливих речовин у повітря та рівнем захворюваності населення у промислово розвинутих містах Узбекистану – Навої та Зарафшан [18], густонаселе-

них містах Пакистану [19], вплив забруднення повітря на серцево-судинні ризики мешканців Атланти, штат Джорджія, США [20] та ін.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Наукові дослідження свідчать про те, що рівень забруднення атмосферного повітря змінюється з часом і характеризується значною просторовою нерівномірністю. Це зумовлює необхідність ретельного вивчення проблеми як у часовому, так і в територіальному аспектах. Важливо досліджувати зазначене питання й на рівні новоутворених адміністративних районів і територіальних громад України, оскільки у науковій літературі інформація про стан повітря в межах цих одиниць представлена вкрай обмежено.

Метою досліджень є картографічне відображення та аналіз щільності викидів забруднювальних речовин і парникових газів в атмосферне повітря стаціонарними джерелами у межах територіальних громад Рівненського району Рівненської області з подальшим визначенням зон із найбільш вираженою екологічною напругою.

Рівненський район для досліджень вибраний не випадково, адже серед чотирьох адміністративних районів області він вирізняється найвищими показниками: займає найбільшу площу (7216,6 км², що становить 36% території області), має найчисленніше населення (632,4 тис. осіб, або 55% жителів області), включає найбільшу кількість територіальних громад (26, що становить 40% від загальної кількості в області), а також характеризується значною концентрацією активних підприємств, що мають фіксоване місце розташування.

Серед таких стаціонарних джерел, які постійно або періодично забруднюють атмосферне повітря, варто виділити наступні:

- ПАТ «Рівнеазот» (с. Городок), належить до найбільших хімічних підприємств України, основна діяльність – виробництво мінеральних добрив. Забруднення: діоксид азоту, оксид вуглецю та ін.
- «Волинь-Цемент», філія ПрАТ «Дікергофф цемент Україна» (м. Здолбунів), основна спеціалізація – виробництво цементу. Забруднення: пил, діоксид сірки, діоксид вуглецю, оксиди азоту та ін.
- ПрАТ «Вераллія Україна» (м. Костопіль), головний вид діяльності – виробництво склотари. Забруднення: оксиди азоту, оксид вуглецю, пил.
- ПрАТ «Костопільський завод скловиробів» (м. Костопіль), скляне виробництво. Забруднення: пил, оксиди азоту, оксид вуглецю та інші речовини.
- ПрАТ «Консюмерс-Скло Зоря» (с. Зоря), скляне виробництво. Забруднення: пил, оксиди азоту, оксид вуглецю та інші речовини.

- ТзОВ «Свиспан Лімітед» (м. Костопіль), спеціалізується на виробництві деревостружкових плит. Забруднення: пил, формальдегід та інші органічні сполуки.

- ТзОВ «ОДЕК Україна» (с. Оржів), спеціалізується на виготовленні високоякісної фанери. Забруднення: оксид вуглецю, діоксид азоту, діоксид сірки та ін.

- ТзОВ «Кроноспан Рівне» (с. Городок), деревообробне підприємство, має більше 90 джерел викидів різних забруднювальних речовин.

- ТзОВ «Ізотерм-С» (м. Рівне), виробник будівельної продукції. Забруднення: пил, діоксид вуглецю, оксид азоту, оксид сірки.

Матеріал і методи досліджень

Для виконання досліджень використано офіційні відомості за 2024 рік, надані Головним управлінням статистики у Рівненській області [21]. Первинний масив даних подано у вигляді електронної таблиці (файл Microsoft Excel), у якій в розрізі територіальних громад вказано: загальні обсяги викидів (тонн за рік) та їх розподіл за видами забруднювальних речовин і парникових газів.

У рамках подальшого дослідження виконано попереднє структурування та уніфікацію даних, зокрема здійснено відбір інформації лише стосовно громад Рівненського району, розраховано щільність викидів як відношення обсягу викидів до площі громади ($\text{кг}/\text{км}^2$), перевірено відповідність назв територіальних громад для коректного з'єднання з просторовим шаром у ГІС.

Оброблені таким чином табличні дані завантажено до програмного середовища ArcMap (частина пакета ArcGIS), де їх приєднано до векторного шару адміністративного поділу Рівненського району. Для цього застосовано інструмент Join, який дозволив зіставити назви громад у статистичній таблиці з відповідними записами в атрибутивній таблиці просторового шару. Створення бази даних та заповнення таблиці атрибутів з відомостями щодо шкідливих викидів здійснено за стандартною процедурою.

З метою подальшої побудови тематичних карт було вибрано систему координат Pulkovo 1942 GK Zone 5, яка базується на рівнокутній поперечно-циліндричній проекції Гаусса-Крюгера. Такий підхід дозволяє мінімізувати картографічні спотворення та зберегти правильну і візуально звичну конфігурацію територій.

Виклад основного матеріалу. Створення тематичних карт є невід'ємною складовою геоінформаційного аналізу, оскільки дозволяє наочно відображати просторові особливості поширення викидів забруднювальних речовин в межах окремих територіальних громад. У рамках даного дослідження картографування здійсню-

валося на основі попередньо обчисленої щільності викидів. Застосування цього показника забезпечує можливість коректного порівняння між громадами з урахуванням їх територіальної площі, що підвищує об'єктивність оцінки та її придатність до просторової інтерпретації.

Основним способом відображення інформації на картах було обрано картограми. Для кожної карти використовувалася кольорова шкала з відповідними градаціями, що дозволяє легко ідентифікувати території з найвищими або найнижчими значеннями щільності викидів. У тих випадках, коли дані були відсутні, відповідні території позначалися білим кольором. Для кращої інформативності на картах зазначено середні значення щільності викидів як по окремих громадах, так і в цілому по району. Карти побудовано в лінійному масштабі, що сприяє зручності їх сприйняття та використання.

Всі картографічні матеріали створено за єдиною методикою. Це забезпечує їхню узгодженість і дає змогу проводити коректне порівняння відповідної інформації між різними територіальними громадами.

Поняття загальних викидів забруднювальних речовин охоплює повний обсяг усіх забруднювачів, що потрапляють в атмосферу з різних джерел на визначеній території протягом певного періоду. Цей індикатор дає змогу оцінити рівень забруднення повітряного середовища та простежити його зміни у динаміці.

Загальні викиди слугують важливим критерієм екологічного навантаження, оскільки включають як малонебезпечні сполуки, так і більш шкідливі речовини. Високі обсяги таких викидів, як правило, свідчать про значну інтенсивність антропогенної діяльності в регіоні, зокрема в галузях промисловості чи енергетики. Такі умови потребують підвищеної уваги з боку контролюючих органів. Регулярне перевищення середніх значень цього показника може спричинити низку негативних наслідків: порушення екологічної стабільності, погіршення здоров'я населення, особливо з боку органів дихання, зниження якості життя та деградацію природних екосистем.

На тематичній карті (рис. 1) відображено просторовий розподіл щільності загальних викидів забруднювальних речовин у межах територіальних громад Рівненського району.

Найвищі показники щільності зафіксовано в Городоцькій ($17116,59 \text{ кг}/\text{км}^2$), Здолбунівській ($12265,59 \text{ кг}/\text{км}^2$) та Рівненській ($6862,12 \text{ кг}/\text{км}^2$) громадах. Така концентрація забруднень пов'язана з розміщенням на цих територіях значних джерел викидів, серед яких – велике хімічне виробництво, цементні заводи, котельні та об'єкти зі зберігання сировини.

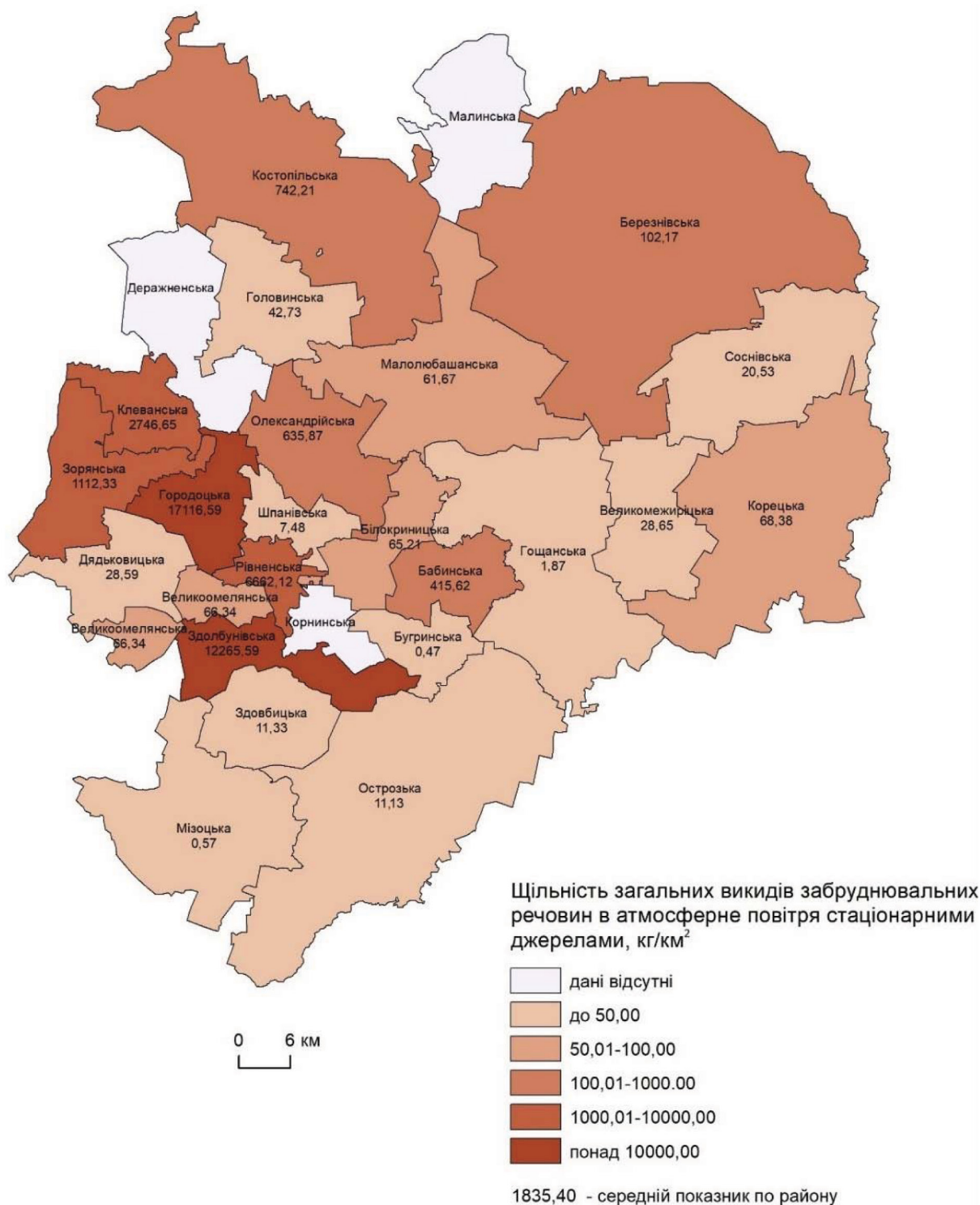


Рис. 1. Загальні викиди забруднювальних речовин /
Fig. 1. Total emissions of pollutants

Метали та їх сполуки – це хімічні речовини, серед яких свинець, кадмій, ртуть, миш'як та їхні органічні й неорганічні форми, що можуть потрапляти в повітря у вигляді пилу, парів або аерозолів, здебільшого як результат промислової діяльності.

Такі викиди становлять підвищену небезпеку через високу токсичність, здатність накопичуватися в живих організмах та тривалий

період збереження в навколишньому середовищі. Важкі метали можуть спричиняти серйозні порушення в роботі життєво важливих органів: наприклад, свинець шкодить кровотворній системі, кадмій – уражує дихальні шляхи та опорно-руховий апарат.

Представлена карта (рис. 2) відображає розподіл щільності викидів металів та їх сполук. Найбільша щільність викидів зафіксована в Рівнен-

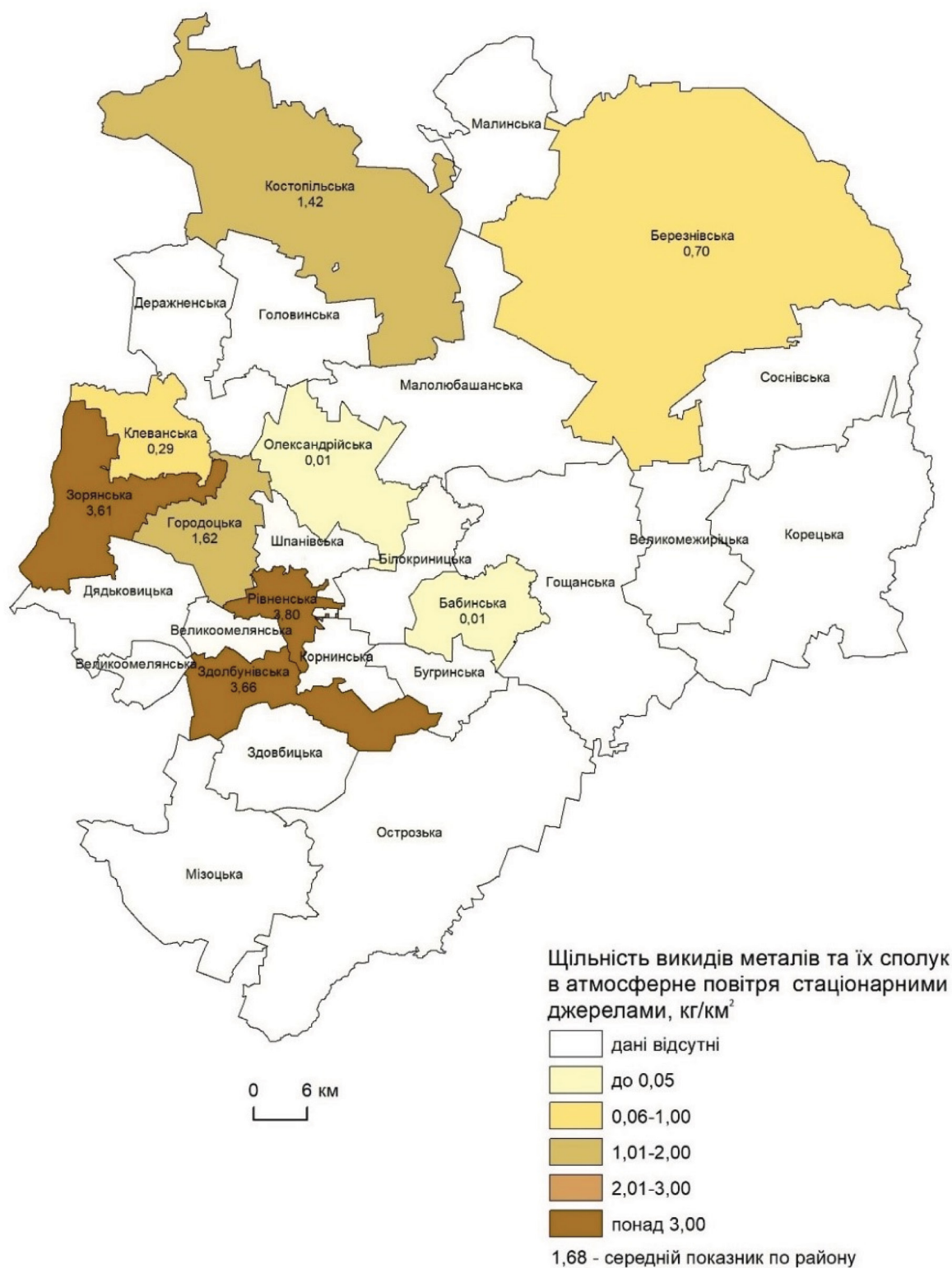


Рис. 2. Викиди металів та їх сполук
Fig. 2. Emissions of metals and their compounds

ській (3,80 кг/км²), Здолбунівській (3,66 кг/км²) та Зорянській (3,61 кг/км²) громадах.

Ці показники пов'язані з високим рівнем промислової активності на відповідних територіях (обробна, цементна), наявністю котельнь, полігонів твердих відходів. Картографічні дані

чітко позначають зони локалізованого інтенсивного забруднення, що вказує на необхідність організації системи локального екологічного моніторингу, посилення природоохоронних заходів та впровадження контролю за викидами з боку відповідних об'єктів.

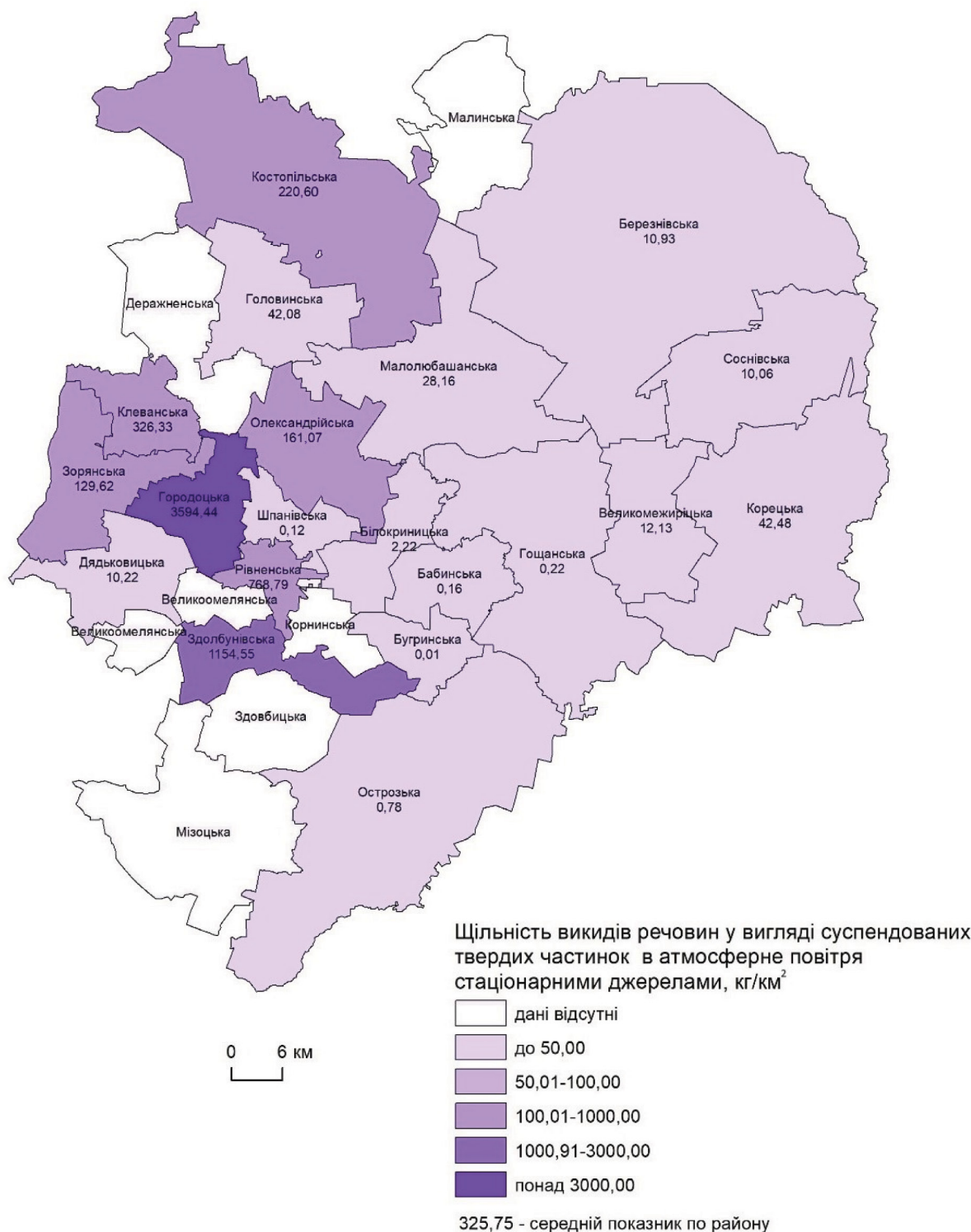


Рис. 3. Викиди речовин у вигляді суспендованих твердих частинок /
Fig. 3. Emissions of substances in the form of suspended solids

Суспендовані тверді частинки – це дрібні тверді частинки або краплі рідин, що знаходяться у завислому стані в атмосферному повітрі. Їх склад може бути різноманітним і включати нітрати, сульфати, органічні речовини, важкі метали, частинки ґрунту чи пилу, а також біологічні алергени, наприклад, спори грибів або фрагменти пилку.

На карті (рис. 3) відображено просторовий розподіл щільності викидів суспендованих твердих частинок в атмосферу.

Найбільше навантаження зафіксовано у Городоцькій громаді (3594,44 кг/км²), а також у Здолбунівській (1154,55 кг/км²), Рівненській (748,79 кг/км²). Ці громади характеризуються наявністю активних промислових підприємств,

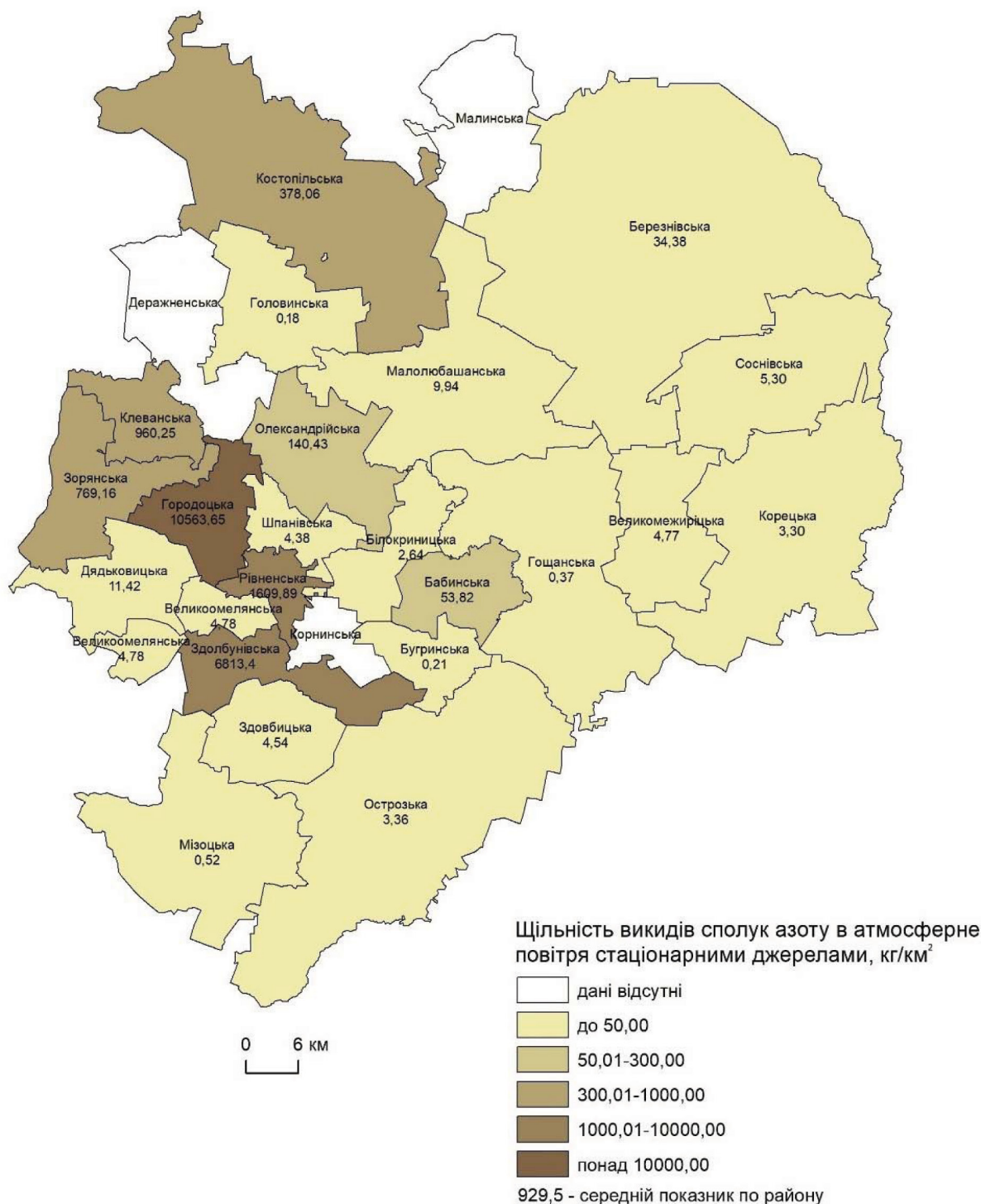


Рис. 4. Викиди сполук азоту
Fig. 4. Emissions of nitrogen compounds

котельнь, будівельних об'єктів, які є основними джерелами викидів твердих частинок в атмосферу. Натомість у громадах, де щільність викидів не перевищує 50 кг/км², переважають аграрні або лісові ландшафти з обмеженим техногенним впливом. Високий рівень концентрації твердих частинок в атмосферному повітрі вказує на потребу в удосконаленні систем очищення викидів та посиленні контролю за

джерелами пилу. Це має особливе значення для щільно заселених промислових зон, де забруднення становить підвищену загрозу для здоров'я населення.

Азотисті сполуки в атмосфері представлені переважно оксидами азоту (NO_x), що утворюються як унаслідок природних процесів, наприклад, під час грозових розрядів або лісових пожеж, так і в результаті людської діяльності. У нижніх

шарах атмосфери ці речовини є нестабільними, оскільки швидко розпадаються під дією ультрафіолетового випромінювання та вологості.

Карта (рис. 4) ілюструє просторовий розподіл щільності викидів азотистих сполук.

Найвищі значення цього показника спостерігаються у Городоцькій (10563,65 кг/км²), Здолбунівській (6813,4 кг/км²) та Рівненській (1609,89 кг/км²) громадах. Такий рівень забруднення пояснюється значною концентрацією промислових об'єктів, наявністю теплогенеруючих установок. Азотисті сполуки відіграють ключову роль у формуванні кислотних дощів та фотохімічного смогу, а також сприяють утворенню тропосферного озону. Їх підвищені концентрації в атмосферному повітрі мають безпосередній негативний вплив на здоров'я населення та стабільність природних екосистем.

Діоксид сірки (SO₂) – безбарвний газ із характерним різким запахом, що утворюється під час згоряння сірки або сірковмісних речовин. Цей газ є сильнокислою сполукою, яка у водному середовищі перетворюється на сірчану кислоту. Він є однією з причин виникнення кислотних дощів.

Присутність діоксиду сірки у повітрі погіршує якість атмосфери, спричиняє підкислення ґрунтів та водойм, пошкоджує рослинність і знижує врожайність сільськогосподарських культур. Крім того, у верхніх шарах атмосфери він утворює аерозолі, які сприяють виникненню туманів і утворенню вторинних забруднювачів, зокрема сульфатних частинок.

За представленою картою (рис. 5) видно, що основна концентрація викидів діоксиду сірки спостерігається у Здолбунівській (2861,96 кг/км²) і Рівненській (668,95 кг/км²) громадах. Це істотно перевищує середнє значення по району (199,09 кг/км²). Підвищені показники засвідчують, передусім, негативний вплив виробництва цементу та різноманітних будівельних конструкцій і матеріалів.

Оксид вуглецю (CO) – це безбарвний газ, який не має запаху і утворюється внаслідок неповного згоряння органічного палива, такого як вугілля, газ, бензин, нафта чи деревина. Основними джерелами його надходження в атмосферу у нашому випадку є теплоенергетичні об'єкти, промислові підприємства, а також системи побутового опалення, склади пального, автозаправні станції.

На карті (рис. 6) зображено просторовий розподіл щільності викидів оксиду вуглецю. До найбільш забруднених у цьому плані громад належать: Городоцька (2488,20 кг/км²), Здолбунівська (1365,92 кг/км²) та Клеванська (1072,98 кг/км²). Такий характер розподілу свідчить про значне техногенне навантаження в цих громадах. Виявлені зони з підвищеною щільністю

викидів потребують особливої уваги з боку екологічних служб та впровадження заходів щодо зменшення забруднення.

Діоксид вуглецю (CO₂) – безбарвний газ, що не має запаху і природним чином міститься в атмосфері. Його утворення відбувається під час дихальних процесів живих організмів, розкладу органічної речовини, а також унаслідок спалювання викопних видів палива.

Діоксид вуглецю належить до основних парникових газів, що переважно надходить в атмосферу внаслідок діяльності промислових підприємств, роботи енергетичного сектору та об'єктів транспортної інфраструктури. Зростання його концентрації спричиняє серйозні екологічні наслідки, зокрема глобальне потепління, кліматичні зміни та закислення океанів. Крім того, надмірна присутність цього газу у повітрі негативно впливає на стан здоров'я людини, провокуючи респіраторні та серцево-судинні захворювання, а також погіршення когнітивних здібностей.

На карті (рис. 7) відображено щільність викидів діоксиду вуглецю у межах територіальних громад. Найвищі показники зафіксовано у Здолбунівській (4 825 501,42 кг/км²) та Городоцькій (4 255 406,88 кг/км²) громадах. Високі значення також спостерігаються в Рівненській (1 500 718,05 кг/км²) громаді. Такі показники свідчать про наявність потужних джерел викидів, зокрема промислових об'єктів, котельень, а також підприємств, що використовують викопне паливо.

Неметанові леткі органічні сполуки (НМЛОС) становлять широку групу органічних речовин, що характеризуються високою леткістю, тобто здатністю переходити у газоподібний стан при нормальних температурних умовах. До цієї групи належать такі речовини, як бензол, етанол, формальдегід, циклогексан, ацетон та інші органічні сполуки.

На карті (рис. 8) наочно представлено просторову неоднорідність щільності викидів неметанових летких органічних сполук у межах територіальних громад. Найвищі значення зафіксовано у Рівненській громаді (564,85 кг/км²), Клеванській (360,52 кг/км²), Городоцькій (307,26 кг/км²), Олександрійській (90,28 кг/км²).

Високий рівень забруднення в цих громадах пов'язаний із наявністю промислових об'єктів, де застосовуються або генеруються леткі органічні речовини, зокрема в процесах фарбування, лакофарбового виробництва, поліграфії, обігу нафтопродуктів та хімічного виробництва.

Висновки

У дослідженні, з метою оцінки щільності викидів забруднювальних речовин і парникових газів

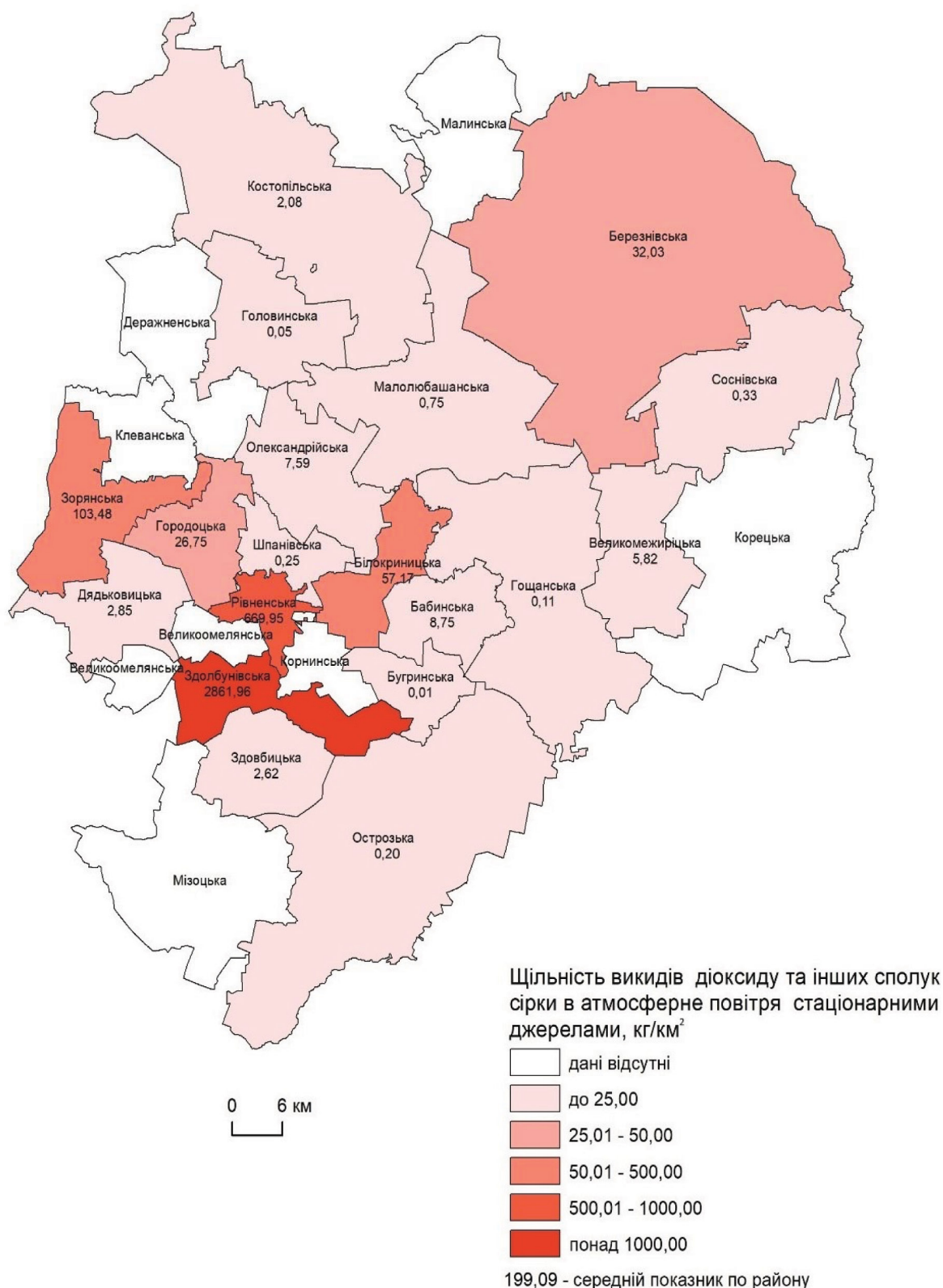


Рис. 5. Викиди діоксиду та інших сполук сірки
Fig. 5. Emissions of sulfur dioxide and other sulfur compounds

в атмосферне повітря у межах територіальних громад Рівненського району Рівненської області, поєднано методи статистичної обробки, геоінформаційного моделювання та просторового аналізу.

Створено тематичні карти стосовно щільності загального обсягу шкідливих викидів, так і

кожного їх виду. У межах дослідження ідентифіковано територіальні громади з найвищими показниками щільності викидів та встановлено просторові закономірності їх розповсюдження. Найбільше занепокоєння, насамперед викликає стан повітря у Городоцькій і Здолбунівській

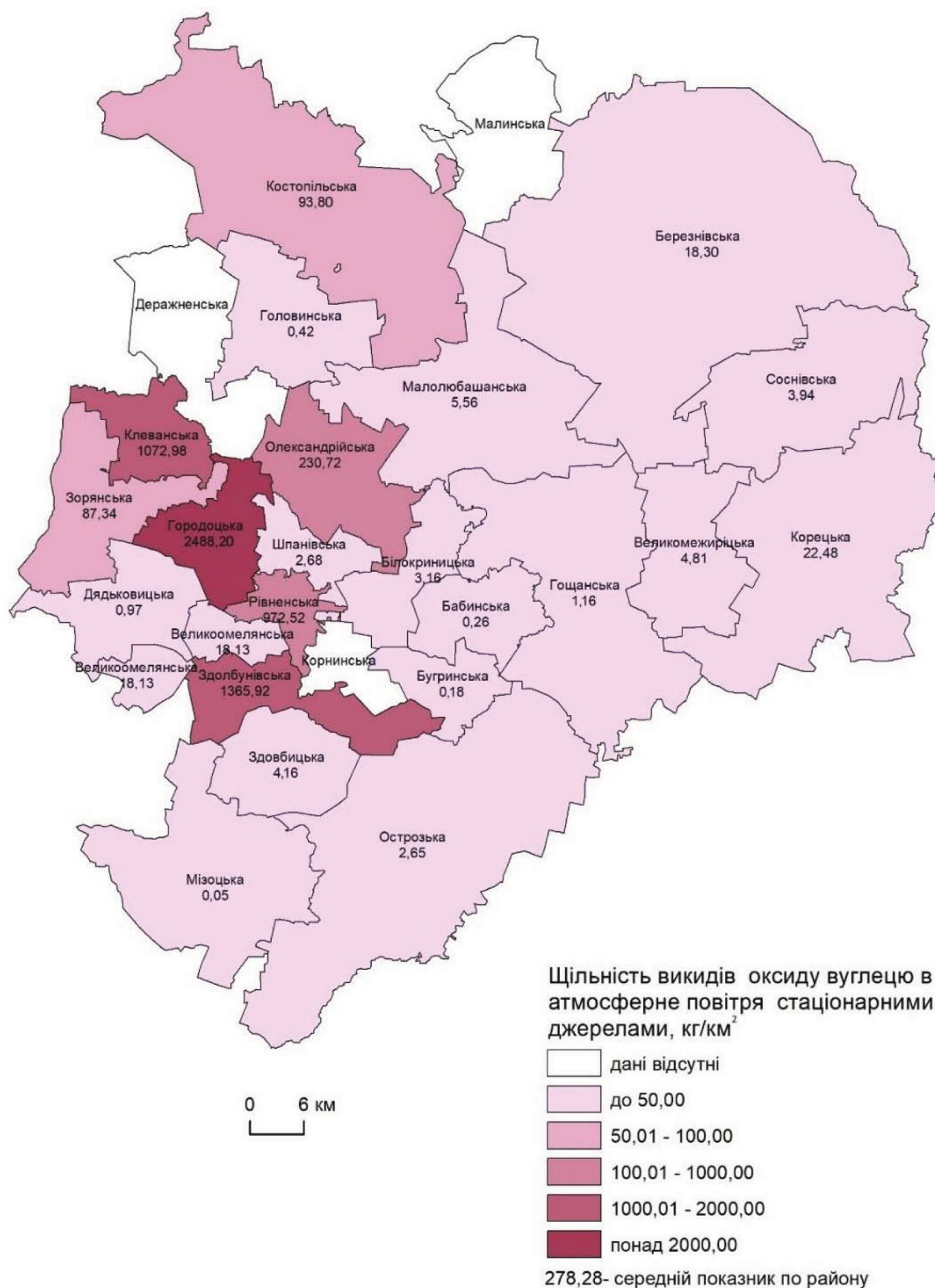


Рис. 6. Викиди оксиду вуглецю
Fig. 6. Carbon monoxide emissions

громадах, на території яких розміщено великі виробництва, відповідно, мінеральних добрив і цементу. Водночас, громади з найнижчими показниками викидів демонструють відносно благополучний стан атмосферного повітря, що свідчить про низький рівень антропогенного навантаження та сприятливі екологічні умо-

ви. Викладене вище підтверджує інформативність та точність застосованого геопросторового аналізу.

Отримані результати мають не лише ілюстративне значення, а й практичну цінність для органів місцевого самоврядування, екологічних служб та аналітичних центрів. Вони можуть

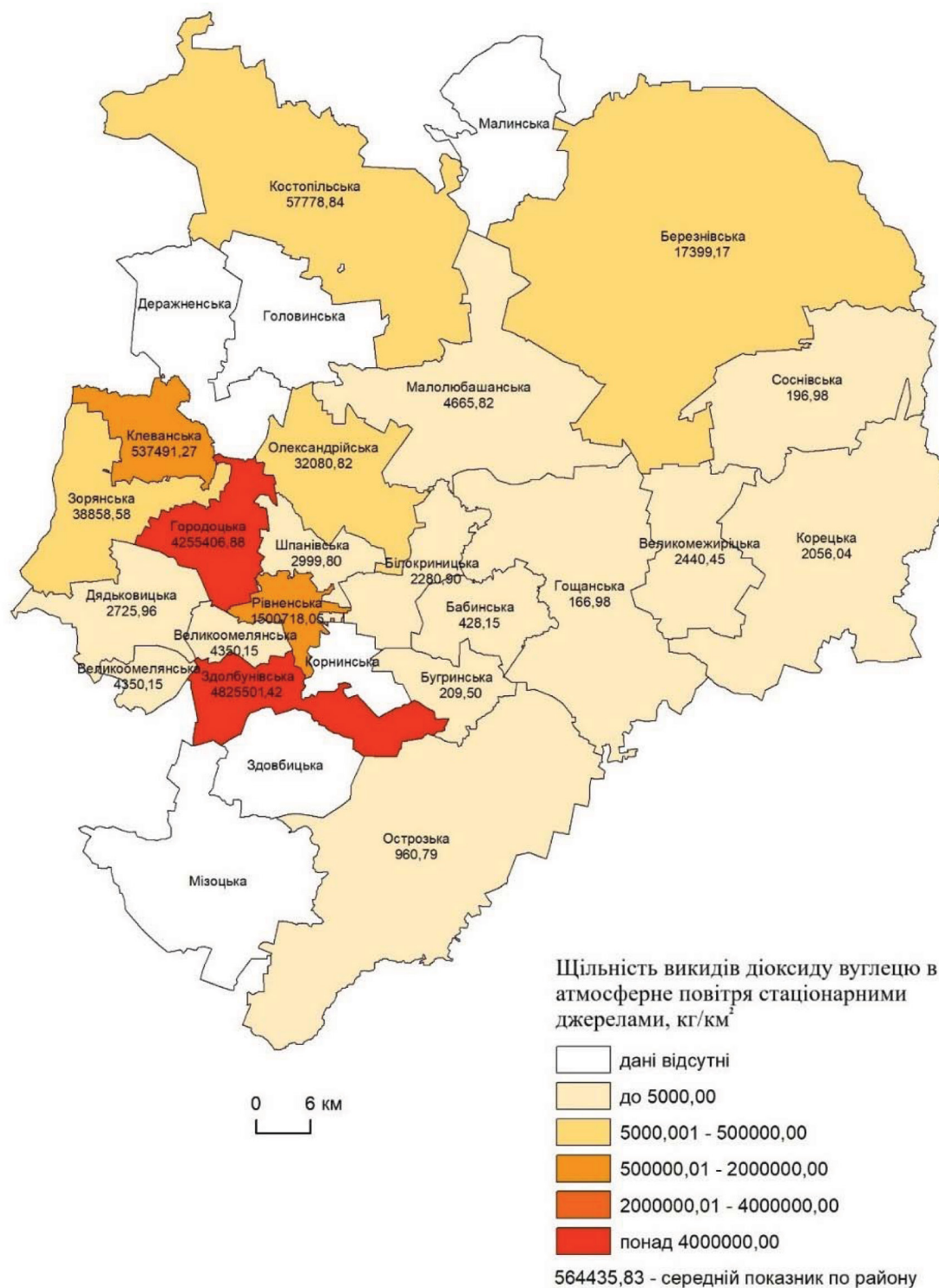


Рис. 7. Викиди діоксиду вуглецю
Fig. 7. Carbon dioxide emissions

служувати основою для ухвалення обґрунтованих управлінських рішень, формування ефективної регіональної екологічної політики, а та-

кож планування цільових заходів, спрямованих на зменшення техногенного навантаження на довкілля в межах Рівненського району.

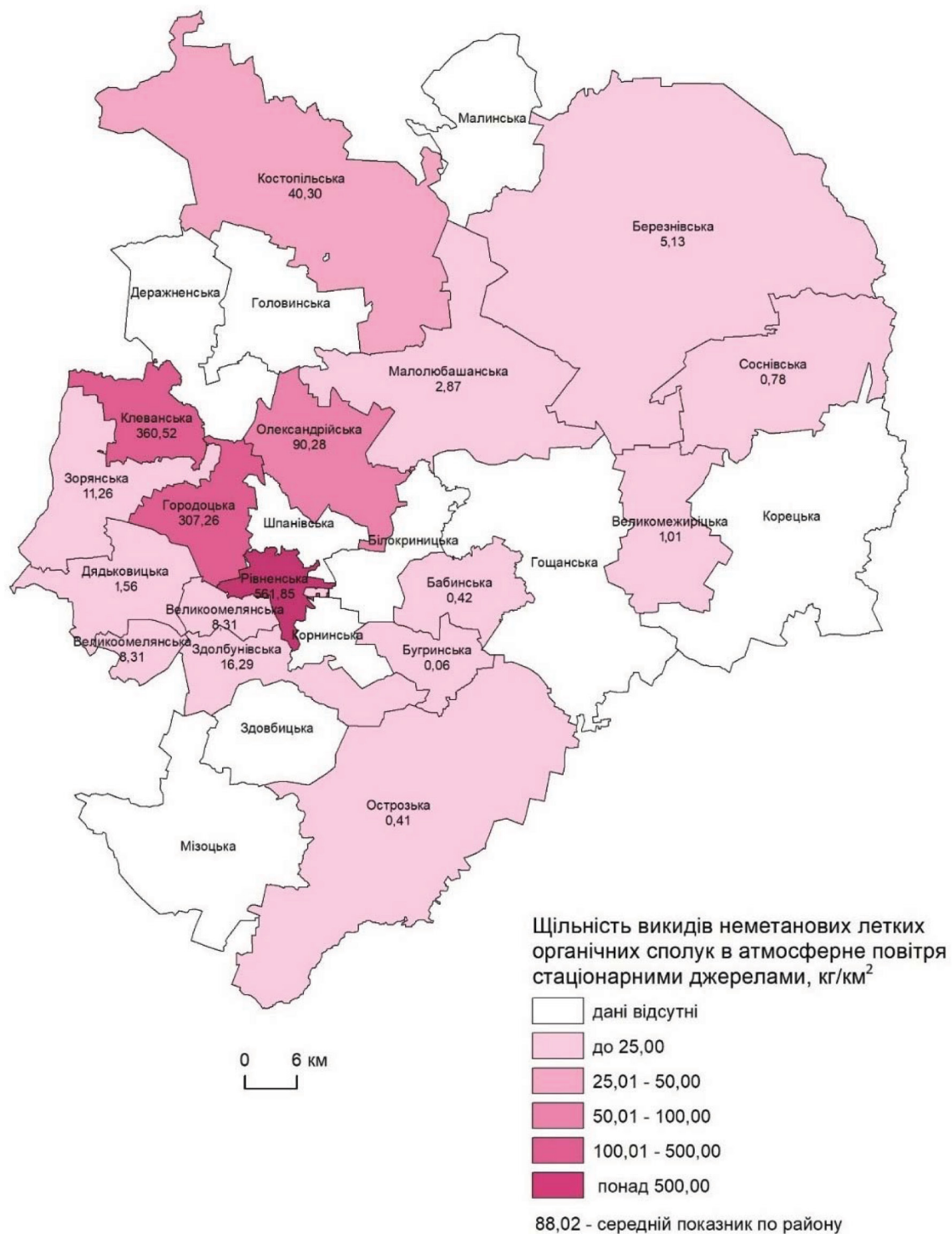


Рис. 8. Викиди неметанових летких органічних сполук
Fig. 8. Emissions of non-methane volatile organic compounds

Внесок авторів: всі автори зробили рівний внесок у цю роботу

Конфлікт інтересів: автори повідомляють про відсутність конфлікту інтересів.

Декларація про використання генеративного штучного інтелекту: автори підтверджують, що під час підготовки рукопису не використовувалися інструменти штучного інтелекту.

Authors Contribution: All authors contributed equally to this work

Conflict of Interest: The authors declare no conflict of interest

Declaration of use of generative artificial intelligence: The authors confirm that no AI tools were used during the preparation of the manuscript.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

REFERENCES

1. Мельниченко, С. Г., Богадорова, Л. М., & Охременко, І. В. (2023). Динаміка викидів забруднюючих речовин стаціонарними та пересувними джерелами забруднення в межах України. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*, (40), 42–52. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2023-40-04>
2. Agayar, E., Semerhei-Chumachenko, A., & Zubkovych, S. (2022). Characteristics of forecasting meteorological conditions of air pollution over Odesa. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series «Geology. Geography. Ecology»*, (57), 38–47. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2022-57-04>
3. Melniichuk, M., Horbach, V., Horbach, L., & Vovk, O. (2022). Air pollution of the largest cities in the Volyn region: preconditions, consequences and ways of solution of this problem. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series «Geology. Geography. Ecology»*, (56), 214–224. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2022-56-16>
4. Фесюк, В., Приходько, М., & Гук, Р. (2023). Екологічні проблеми Володимир-Волинської територіальної громади та шляхи їх вирішення. *Географічний часопис Волинського національного університету ім. Лесі Українки*, (1), 96–104. <https://doi.org/10.32782/geochasvnu.2023.1.10>
5. Міхалкова, Н., Кононенко, А., & Удалов, І. (2022). Аналіз впливу техногенних об'єктів Лисичансько-Рубіжанського промвузла на екологічний стан навколишнього природного середовища. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія»*, (56), 225–239. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2022-56-17>
6. Барбара, В. О., & Удовиченко, В. В. (2025). Забруднення довкілля трансграничних територій внаслідок промислового природокористування: моніторингово-аналітичний аспект (на прикладі Чернігівської області України). *Конструктивна географія та раціональне використання природних ресурсів*, 6(1), 53–66. <https://doi.org/10.17721/2786-4561.2025.6.1.-6/11>
7. Savenets, M., Oreshchenko, A., & Nadtochii, L. (2022). The system for near-real time air pollution monitoring over cities based on the Sentinel-5P satellite data. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series «Geology. Geography. Ecology»*, (57), 195–205. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2022-57-15>
8. Максименко, Н. В., Пересадко, В. А., Тітенко, Г. В., & Кулик, М. І. (2015). Оцінка атмосферного забруднення, як складова ландшафтно-екологічного планування для прийняття рішень у природоохоронному менеджменті Харківської області. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Екологія»*, (1147), вип. 12, 47–57.
9. Prokhorova, S. (2023). An approach to using the AQI components in urban air pollution sources identifying. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series «Geology. Geography. Ecology»*, (59), 209–220. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2023-59-15>
10. Кривенко, Г. М. (2024). Оцінка впливу викидів забруднюючих речовин на атмосферне повітря під час буріння свердловин. *Екологічні науки*, 1(52), т. 1, 120–125. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2024.eco.1-52.1.18>
11. Ткачук, О. П., & Врадій, О. І. (2024). Вплив свиногокомплексів на забруднення атмосферного повітря. *Екологічні науки*, 1(52), т. 1, 151–155. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2024.eco.1-52.1.23>
12. Rybalova, O., Korobkova, H., Hudzevich, A., Artemiev, S., & Bondar, O. (2022). Risk assessment for public health from air pollution in the industrial regions of Ukraine. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series «Geology. Geography. Ecology»*, (56), 240–256. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2022-56-18>
13. Odekanle, E. L., Bakut, C. B., Olalekan, A. P., Ogundokun, R. O., Aremu, C. O., Sonibare, J. A., Akande, O. T., Olayanj, A. T., & Fakinle, B. S. (2021). Assessment of the contribution of TEX air pollutants from Nigeria's petroleum refineries to the ambient air quality: Part II. *Cogent Engineering*, 8(1), Article 1947007. <https://doi.org/10.1080/23311916.2021.1947007>
14. Arani, M. H., Jaafarzadeh, N., Moslemzadeh, M., Ghalhari, M. R., Arani, S. B., & Mohammadzadeh, M. (2021). Dispersion of NO₂ and SO₂ pollutants in the rolling industry with AERMOD model: A case study to assess human health risk. *Journal of Environmen-*
1. Melnychenko, S. G., Bohadorova, L. M., & Okhremenko, I. V. (2023). Pollutants emissions dynamics by stationary and mobile sources of pollution within Ukraine. *Man and Environment. Issues of Neoecology*, (40), 42–52. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2023-40-04> [in Ukrainian]
2. Agayar, E., Semerhei-Chumachenko, A., & Zubkovych, S. (2022). Characteristics of forecasting meteorological conditions of air pollution over Odesa. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series «Geology. Geography. Ecology»*, (57), 38–47. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2022-57-04>
3. Melniichuk, M., Horbach, V., Horbach, L., & Vovk, O. (2022). Air pollution of the largest cities in the Volyn region: preconditions, consequences and ways of solution of this problem. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series «Geology. Geography. Ecology»*, (56), 214–224. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2022-56-16>
4. Fesyuk, V., Prykhodko, M., & Huk, R. (2023). Environmental problems of Volodymyr-Volyn territorial community and ways to solve them. *Geographical Journal of Volyn National University named after Lesya Ukrainka*, (1), 96–104. <https://doi.org/10.32782/geochasvnu.2023.1.10> [in Ukrainian]
5. Mikhalkova, N. V., Kononenko, A. V., & Udalov, I. V. (2022). Analysis of the influence of technogenic facilities of the Lysychansk-Rubizhne industrial hub on the ecological state of the natural environment. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series «Geology. Geography. Ecology»*, (56), 225–239. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2022-56-17> [in Ukrainian]
6. Barbara, V. O., & Udovychenko, V. V. (2025). Environmental pollution of transboundary territories due to industrial nature use: A monitoring and analytical perspective (case study of Chernihiv Region, Ukraine). *Constructive Geography and Rational Use of Natural Resources*, 6(1), 53–66. <https://doi.org/10.17721/2786-4561.2025.6.1.-6/11> [in Ukrainian]
7. Savenets, M., Oreshchenko, A., & Nadtochii, L. (2022). The system for near-real time air pollution monitoring over cities based on the Sentinel-5P satellite data. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series «Geology. Geography. Ecology»*, (57), 195–205. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2022-57-15>
8. Maksymenko, N. V., Peresadko, V. A., Titenko, H. V., & Kulyk, M. I. (2015). Evaluation of atmospheric pollution as a component of landscape-ecological planning in environmental management of Kharkiv region. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series «Ecology»*, (1147), Iss. 12, 47–57. [in Ukrainian]
9. Prokhorova, S. (2023). An approach to using the AQI components in urban air pollution sources identifying. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series «Geology. Geography. Ecology»*, (59), 209–220. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2023-59-15>
10. Kryvenko, G. (2024). Assessment of the effect of pollutants emissions on atmospheric air during well drilling. *Environmental Sciences*, 1(52), vol. 1, 120–125. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2024.eco.1-52.1.18> [in Ukrainian]
11. Tkachuk, O., & Vradiy, O. (2024). Influence of pork complexes on pollution Atmospheric air. *Environmental Sciences*, 1(52), vol. 1, 151–155. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2024.eco.1-52.1.23> [in Ukrainian]
12. Rybalova, O., Korobkova, H., Hudzevich, A., Artemiev, S., & Bondar, O. (2022). Risk assessment for public health from air pollution in the industrial regions of Ukraine. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series «Geology. Geography. Ecology»*, (56), 240–256. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2022-56-18>
13. Odekanle, E. L., Bakut, C. B., Olalekan, A. P., Ogundokun, R. O., Aremu, C. O., Sonibare, J. A., Akande, O. T., Olayanj, A. T., & Fakinle, B. S. (2021). Assessment of the contribution of TEX air pollutants from Nigeria's petroleum refineries to the ambient air quality: Part II. *Cogent Engineering*, 8(1), Article 1947007. <https://doi.org/10.1080/23311916.2021.1947007>
14. Arani, M. H., Jaafarzadeh, N., Moslemzadeh, M., Ghalhari, M. R., Arani, S. B., & Mohammadzadeh, M. (2021). Dispersion of NO₂ and SO₂ pollutants in the rolling industry with AERMOD model: A case study to assess human health risk. *Journal of Environmen-*

- tal Health Science & Engineering, 19(2), 1287–1298. <https://doi.org/10.1007/s40201-021-00686-x>
15. Li, Z., Jiang, L., Yu, H., & Wang, J. (2025). The hidden risk in high-temperature urban environments: Assessment of metal elements and human health risks of particulate matter at street. *Journal of Hazardous Materials*, (488), Article 137475. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2025.137475>
 16. Amanova, S., Hajiyeve, A., & Jafarova, F. (2024). Air pollution and grouping of cities according to their environmental status. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 33(3), 419–429. <https://doi.org/https://doi.org/10.15421/112439>
 17. Singh, K., & Shrestha, A. (2020). Air quality and health impacts in Kathmandu Valley. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(5), 5364–5375. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-07499-6>
 18. Latipov, N., Komilova, N., Makhmudov, B., Berdiev, K., Moslemzadeh, M., Chulliyev, S., Murtazayev, I., & Hamroyev, M. (2024). Econometric modeling and forecasting of environmental conditions of cities and population health problems: Case study of Navoi and Zarafshan cities. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series «Geology. Geography. Ecology»*, (61), 344–357. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-61-27>
 19. Ali, H., & Khan, M. S. (2020). Air quality assessment and health impact in urban Pakistan. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(3), Article 142. <https://doi.org/10.1007/s10661-020-8160-3>
 20. Blumberg, A. H., Ebelt, S. T., Liang, D., Morris, C. R., & Sarnat, J. A. (2020). Ambient air pollution and sickle cell disease-related emergency department visits in Atlanta, GA. *Environmental Research*, 184, Article 109292. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109292>
 21. Головне управління статистики у Рівненській області. (б. д.). *Головна сторінка*. Державна служба статистики України. <https://gusrv.gov.ua>
 21. Li, Z., Jiang, L., Yu, H., & Wang, J. (2025). The hidden risk in high-temperature urban environments: Assessment of metal elements and human health risks of particulate matter at street. *Journal of Hazardous Materials*, (488), Article 137475. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2025.137475>
 16. Amanova, S., Hajiyeve, A., & Jafarova, F. (2024). Air pollution and grouping of cities according to their environmental status. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 33(3), 419–429. <https://doi.org/https://doi.org/10.15421/112439>
 17. Singh, K., & Shrestha, A. (2020). Air quality and health impacts in Kathmandu Valley. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(5), 5364–5375. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-07499-6>
 18. Latipov, N., Komilova, N., Makhmudov, B., Berdiev, K., Moslemzadeh, M., Chulliyev, S., Murtazayev, I., & Hamroyev, M. (2024). Econometric modeling and forecasting of environmental conditions of cities and population health problems: Case study of Navoi and Zarafshan cities. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series «Geology. Geography. Ecology»*, (61), 344–357. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-61-27>
 19. Ali, H., & Khan, M. S. (2020). Air quality assessment and health impact in urban Pakistan. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(3), Article 142. <https://doi.org/10.1007/s10661-020-8160-3>
 20. Blumberg, A. H., Ebelt, S. T., Liang, D., Morris, C. R., & Sarnat, J. A. (2020). Ambient air pollution and sickle cell disease-related emergency department visits in Atlanta, GA. *Environmental Research*, 184, Article 109292. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109292>
 21. Main Directorate of Statistics in Rivne Region. (n.d.). *Home page*. State Statistics Service of Ukraine. <https://gusrv.gov.ua> [in Ukrainian]

Geospatial analysis of the density of harmful emissions into the atmosphere by stationary sources in Rivne district of Rivne region

Serhii Ostapchuk¹, <https://orcid.org/0000-0002-4493-1144>, e-mail: s.m.ostapchuk@nuwm.edu.ua
PhD (Technical), Associate Professor, Department of Geodesy and Cartography

Oksana Ostapchuk¹, <https://orcid.org/0000-0003-4774-3605>, e-mail: o.p.ostapchuk@nuwm.edu.ua
PhD (Technical), Associate Professor, Department of Computer Science and Applied Mathematics

Olga Lazarets¹, <https://orcid.org/0009-0006-9628-7449>, e-mail: 2026geo@ukr.net
Bachelor, Department of Geodesy and Cartography

¹ National University of Water and Environmental Engineering, Rivne, Ukraine

ABSTRACT

Problem statement. Active human economic activity can significantly degrade the quality of the air environment. As a result of anthropogenic impact, numerous harmful impurities are released into the atmosphere, which negatively affect not only human health but also crop yields, soil conditions, aquatic ecosystems, etc. Geoinformation technologies can be an effective tool for assessing the volume and spatial distribution of emissions, as they integrate spatial and statistical data, create thematic maps, and interpret relevant indicators.

Analysis of the latest research and publications. This topic is widely covered in the scientific literature by domestic and foreign scholars who consider certain aspects of the problem, analyze specific situations and apply various assessment methods. The purpose of the research is to study, map, and analyze the density of pollutant and greenhouse gas emissions into the atmosphere by stationary sources within the territorial communities of Rivne district of Rivne region, with further identification of areas with the most pronounced environmental stress.

Material and methods of research. The research was based on official data for 2024 provided by the Main Department of Statistics in Rivne Oblast. The primary data set

ARTICLE INFO

Manuscript received
7 July 2025

Revised manuscript received
13 August 2025

Manuscript accepted
25 May 2026

Available online
30 May 2026

is presented in the form of a spreadsheet (Microsoft Excel file), which shows the total emissions (tons per year) and their distribution by type of pollutant and greenhouse gas by territorial community. The study combines methods of statistical processing, geographic information modeling, and spatial analysis.

Results. Using special ArcMap software, the authors developed thematic maps showing the distribution of pollutant and greenhouse gas emissions both in general and by individual groups (metals and their compounds, substances in the form of suspended solids, nitrogen compounds, sulfur dioxide and other sulfur compounds, carbon monoxide, carbon dioxide, non-methane volatile organic compounds). Cartograms were chosen as the main way to display information on maps. For each map, a color scale with appropriate gradations was used, which makes it easy to identify areas with the highest or lowest emission densities. All mapping materials were created using a single methodology. This ensures their consistency and allows for a correct comparison of relevant information between different territorial communities. The mapping modeling allowed us to identify potentially problematic areas with unfavorable environmental conditions and establish spatial patterns of their distribution. The air quality in the Horodok and Zdolbuniv communities, which are home to large-scale production of mineral fertilizers and cement, is of the greatest concern.

Scientific novelty and practical significance. Scientific novelty and practical significance. The geospatial analysis of pollutant and greenhouse gas emissions into the atmosphere by stationary sources within the territorial communities of Rivne district of Rivne region was performed on the basis of cartographic modeling. The results are of practical value for local governments, environmental services, and think tanks. They can serve as a basis for making informed management decisions, forming an effective regional environmental policy, and planning targeted measures aimed at reducing the technogenic load on the environment within the Rivne region.

Keywords:

atmospheric air, pollutants, greenhouse gases, emissions, pollution density, monitoring, territorial communities, geoinformation technologies, thematic maps

In cites:

Ostapchuk Serhii, Ostapchuk Oksana, Lazarets Olga (2026). Geospatial analysis of the density of harmful emissions into the atmosphere by stationary sources in Rivne district of Rivne region. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series Geology. Geography. Ecology*, (64), 227–243. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2026-64-18> [In Ukrainian]