

## Забруднення довкілля транскордонних територій внаслідок промислового природокористування: моніторингово-аналітичний аспект (на прикладі Чернігівської області України)

<https://doi.org/10.17721/2786-4561.2025.6.1.-6/11>

Барбара В.О., Удовиченко В.В.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ, Україна,  
[veronikabarbara04@gmail.com](mailto:veronikabarbara04@gmail.com)

**Анотація.** У статті розглядаються екологічні наслідки промислового природокористування на транскордонних територіях, зокрема в межах Чернігівської області України. Проаналізовано просторові особливості забруднення ґрунтів і атмосферного повітря важкими металами (свинцем, кадмієм, ртуттю), нафтопродуктами, нітратами та діоксидом азоту (NO<sub>2</sub>), а також визначено основні джерела антропогенного навантаження. Здійснено оцінку перевищення гранично допустимих концентрацій (ГДК) шкідливих речовин у порівнянні з нормативними значеннями. Виявлено екологічно вразливі зони та обґрунтовано зв'язок між забрудненням довкілля та ризиками для здоров'я населення і стійкості екосистем. Запропоновано рекомендації щодо екологічного моніторингу, профілактики подальшого забруднення та реабілітації порушених територій для забезпечення сталого розвитку прикордонного регіону.

**Ключові слова:** промислове природокористування, ґрунти, атмосферне повітря, транскордонне забруднення, екологічний моніторинг, Чернігівська область.

## Environmental Pollution of Transboundary Territories Due to Industrial Nature Use: A Monitoring and Analytical Perspective (Case Study of Chernihiv Region, Ukraine)

Barbara V.O., Udovychenko V.V.

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine

**Summary.** This article presents the results of a study on the environmental consequences of intensive industrial land use in transboundary areas located within the Chernihiv region of Ukraine. The research focuses on the spatial analysis of soil and atmospheric air pollution caused by the activities of enterprises in the primary and secondary sectors of the economy, as well as agricultural pressures. The levels of lead, cadmium, mercury, nitrates, petroleum products, and nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>) are examined with reference to the established maximum allowable concentrations (MAC) for each pollutant. The findings indicate that in certain areas, pollutant concentrations exceed MAC values, which highlights zones of increased environmental risk. The study evaluates the potential threats associated with air and soil contamination for both public health and the integrity of natural ecosystems. It emphasizes the interconnection between environmental components as parts of a unified ecosystem and underscores the need for an integrated approach to environmental quality management. A set of practical recommendations is proposed, including the organization of environmental monitoring, the implementation of regulatory measures, the rehabilitation of contaminated areas, and the adoption of sustainable land use practices. The results of this study can serve as an analytical foundation for the development of regional environmental strategies aimed at improving ecological resilience and supporting sustainable development in cross-border territories.

**Keywords:** industrial land use, soil, atmospheric air, transboundary pollution, environmental monitoring, Chernihiv region.

**Вступ.** Промислова діяльність є одним із найбільш впливових джерел забруднення ґрунтів та повітря у різних регіонах як в межах національних територій, так і поза їх межами. Зростаюче

навантаження на природні ресурси й недостатня ефективність реалізованих заходів з відновлення та ревіталізації стану довкілля призводять до загострення екологічних проблем, які впливають на здоров'я населення та на стан екосистем в цілому, а також на надання ними життєдайних екосистемних послуг. Саме зважаючи на ці аргументи, вивчення сучасного рівня забруднення компонентів довкілля та розробка комплексних заходів задля їхнього відновлення є актуальними запитами сьогодення у контексті забезпечення екологічної безпеки будь-якого регіону та, зокрема транскордонних територій. Одним із таких регіонів, який потребує особливо пильної уваги з боку науковців, є територія Чернігівської області, як прикордонна, з одного боку, а з іншого – як частина території у складі Євросоюзу «Дніпро», в межах якого, зважаючи на воєнні реалії сьогодення, транскордонність вирішення енвайроментальних проблем є надскладним завданням через геополітичні виклики. Саме тому ми вирішили присвятити це дослідження означеному вище контексту транскордонної проблематики, яка, разом з тим, зумовила визначення мети цього дослідження та публікації.

**Мета** дослідження полягає у тому, аби оцінити специфіку забруднення компонентів довкілля у межах Чернігівської області України, як транскордонної території, спричиненого промисловою діяльністю, а також визначити ризики для екосистем та здоров'я населення нею зумовлені, й на основі отриманих результатів запропонувати заходи щодо ревіталізації стану довкілля.

Зважаючи на поставлену перед нами мету, в якості **об'єкту** дослідження було визнано довкілля Чернігівської області України, як транскордонної території, що зазнає впливу промислових викидів та забруднень, а в якості **предмету** – специфіку забруднень унаслідок промислової діяльності, її вплив на екологічний стан території, а також напрями довкілцевої ревіталізації.

Для досягнення поставленої мети, за необхідне вбачалося розв'язання наступних наукових **завдань**:

1. Проаналізувати основні джерела забруднення довкілля у Чернігівській області України, як транскордонної території.
2. Оцінити рівень забруднення атмосферного повітря та ґрунтів шляхом аналізу даних про його хімічні складники у забруднених зонах.
3. Визначити ризики для екосистем та населення, що проживає в регіоні, пов'язані із забрудненням ґрунтів та повітря.
4. Розробити рекомендації щодо ревіталізації забруднених компонентів довкілля, й запобігання подальшому їх забрудненню.
5. Запропонувати ефективні заходи управління ризиками, спрямовані на зменшення промислового впливу на екологічний стан довкілля регіону дослідження.

**Матеріали і методи дослідження.** У межах дослідження екологічних наслідків промислового природокористування на транскордонних територіях Чернігівської області України було використано комплексний підхід до аналізу просторово-часових характеристик забруднення довкілля. Основу емпіричної бази склали відкриті статистичні дані Державної екологічної інспекції України, результати спостережень гідрометеорологічної служби, звіти про стан навколишнього природного середовища, а також матеріали польових досліджень, виконаних у межах транскордонних зон.

У дослідженні використано методи просторового аналізу, зокрема геоінформаційні системи (ГІС) для картографування джерел забруднення та локалізації зон екологічного ризику; оціночні, зокрема щодо оцінки вмісту шкідливих речовин у ґрунтах і повітрі (свинцю, кадмію, ртуті, нафтопродуктів, нітратів, NO<sub>2</sub>) порівняно з гранично допустимими концентраціями (ГДК) згідно з національними нормативами.

Теоретичну основу склали положення сучасної конструктивної географії, концепції сталого розвитку, а також підходи до інтегрованого екологічного моніторингу. Для оцінки впливу забруднення на здоров'я населення та екосистем застосовано методи ризик-аналізу та

порівняльного аналізу просторових моделей забруднення. Дослідження ґрунтувалося на принципах міждисциплінарності, що дозволило поєднати природничо-наукові та прикладні аспекти для формулювання практичних рекомендацій.

Територія дослідження охоплює Чернігівську область, як транскордонний регіон України, який входить до складу Єврорегіону «Дніпро» (Єврорегіон, 2025) разом із прикордонними областями білорусі та росії (Гомельською та Брянською відповідно) (далі ПнЗГО та ПнСБО), які (області) далі будемо називати як такі (території), що знаходяться на північний захід та північний схід від Чернігівщини. Регіон дослідження об'єднує прикордонні території, які мають схожі природно-кліматичні, економічні та культурні особливості.

Чернігівська область розташована на півночі-північному сході України та відзначається пануванням східноєвропейських рівнинних мішанолісових ландшафтів її Лівобережжя, які на півдні області поступово змінюються лісостеповими. Територія Чернігівщини характеризується помірно-континентальним кліматом й **різнорідним ґрунтовим покривом** із переважаанням **середньородючих і малородючих ґрунтів**, які для підвищення рівня родючості **потребують запровадження низки агротехнічних заходів** (вапнування, внесення добрив, осушення). Локально, на півдні області, родючість **ґрунтів** вища завдяки наявності опідзолених чорноземів. Значними є площі лісів та запаси водних ресурсів (річкові системи та басейн р. Дніпро та її лівих приток, зокрема р. Десни, які для області є транзитними). Останнє створює додаткові ризики забруднення вод та ґрунтів (через поверхневий стік й шляхом атмосферної міграції хімічних сполук) внаслідок промислових викидів, у т.ч. поза межами національних територій, та впливу інших видів діяльності людини. Це – область із розвиненим сільським господарством та у меншій мірі – промисловістю. Цей регіон має значні запаси природних ресурсів, які є важливими для ведення як сільського господарства, так і промислового виробництва, та які забезпечують сталість функціонування екосистем й надання ними екосистемних послуг. Однак, промислова діяльність, що має місце, чинить відчутний вплив на екологічний стан ґрунтів та водойм, лісів та атмосферного повітря, зокрема у приповерхневому шарі тропосфери.

**Результати та їх аналіз.** Виробнича діяльність у регіоні дослідження, зважаючи на його транскордонність, є однією з головних причин забруднення довкілля. Воно (забруднення) зумовлене достатньо високим рівнем концентрації забруднюючих підприємств, які чинять серйозний вплив на екологічний стан ґрунтів, лісів та повітря. Найбільший вплив на забруднення довкілля у Єврорегіоні «Дніпро» мають первинний (сільське господарство та видобувна промисловість) і вторинний (промисловість) (рис. 1) сектори економіки (Сакір\_молочко, 2014). Вони призводять до накопичення хімічних речовин, важких металів та інших токсичних сполук у ґрунтах, до викидів шкідливих речовин у атмосферне повітря, пошкодження вегетуючих органів рослин, що суттєво погіршує екологічний стан регіону та потребує запровадження комплексних заходів для відновлення довкілля й зменшення негативного впливу на нього.

У Єврорегіоні «Дніпро» найбільший вплив на забруднення довкілля мають підприємства первинного та вторинного секторів економіки, що пов'язано зі специфікою економічної діяльності, характерної для цього регіону (Савченко, 2019).

*Первинний сектор.* Основний вплив на ґрунти здійснюється аграрним сектором та видобувною промисловістю. Сільське господарство активно використовує хімічні добрива, пестициди, гербіциди та інші речовини для підвищення врожайності (Білик, 2022). Однак надмірне та неконтрольоване застосування цих хімічних речовин призводить до накопичення токсичних елементів у ґрунті, руйнування його структури, погіршення його якості та втрати родючості. Крім того, хімічні залишки часто проникають у підземні води, що погіршує екологічний стан регіону в цілому. Видобувна промисловість також значно впливає на ґрунти. У Єврорегіоні «Дніпро» широко розвинуті гірничодобувні підприємства, які сприяють забрудненню ґрунтів через видобуток і зберігання відходів. Відвали порід, викиди пилу, важкі

метали та інші шкідливі речовини, які потрапляють у навколишнє середовище, призводять до його забруднення, погіршення екологічного стану екосистем та ерозії ґрунтів, результатом чого може стати деградація земель й зміни ландшафтних структур (наприклад, ландшафтно-геохімічної) регіону.



**Рис. 1.** Основні джерела промислового забруднення довкілля у Єврореґіоні «Дніпро»

*Вторинний сектор.* Металообробні заводи, хімічні підприємства та інші значні промислові об'єкти генерують чималу кількість токсичних відходів. Часто такі відходи містять важкі метали (свинець, кадмій, мідь), хімічні сполуки та органічні забруднювачі, які здатні тривалий час залишатися в ґрунтах, що може негативно впливати на здоров'я населення та довкілля в цілому. Крім того, неефективна утилізація промислових відходів та незадовільні методи очищення стічних вод посилюють довкілліві проблеми. Часто підприємства скидають відходи без належної обробки, що веде до отруєння земель та навколишніх водойм. Під час роботи підприємств можливі випадкові викиди шкідливих речовин у повітря, які згодом осідають на ґрунтах, погіршуючи їх екологічний стан.

*Третинний сектор* економіки хоча і чинить певний вплив на довкілля, його внесок у цьому розумінні є значно меншим, у порівнянні із первинним та вторинним секторами. Основний вплив підприємств третинного сектору економіки здійснюється внаслідок надання транспортних та логістичних послуг (мають місце шкідливі викиди транспортними засобами, забруднення узбіч доріг тощо) або реалізації проектів будівництва та розбудови інфраструктури. Забруднення компонентів довкілля підприємствами третинного сектору пов'язане, насамперед, із надмірним споживанням енергії, утворенням великої кількості побутових і комунальних відходів, викидами парникових газів транспортними засобами й об'єктами обслуговування, а також нераціональним використанням водних ресурсів, що призводить до навантаження на атмосферне повітря, ґрунти та водні екосистеми, особливо в містах і туристично активних зонах.

Таким чином, найбільший вплив на забруднення ґрунтів у Єврореґіоні «Дніпро» здійснюють первинний (сільське господарство та видобувна промисловість) і вторинний (промисловість) сектори економіки. Вони призводять до накопичення хімічних речовин, важких металів та інших токсичних сполук у ґрунтах, що суттєво погіршує екологічний стан регіону та потребує запровадження комплексних заходів з ревіталізації довкілля.

І, оскільки, найбільш інтенсивно на забруднення довкілля впливають промислові підприємства, розглянемо те, які саме напрями промислового виробництва (див. рис. 1) та у який спосіб чинять найбільш відчутний вплив на довкілля Чернігівської області України та на інші транскордонні території у Єврореґіоні «Дніпро».

*Металургійна промисловість.* Промислові підприємства, які займаються виплавою та обробкою металів, є основним джерелом важких металів, що потрапляють у ґрунти. До забруднюючих речовин, надходження яких зумовлено діяльністю металургійної промисловості, належать:

- 1) Свинець, ртуть, кадмій – небезпечні метали, що накопичуються в ґрунтах і мають високий токсичний вплив на рослини, тварин і людину.
- 2) Мідь, цинк, нікель – метали, які у підвищених концентраціях негативно впливають на мікробіологічну активність ґрунтів (Кравченко, 2021).

На відміну від Чернігівської області, де відсутні великі металургійні підприємства, на суміжних транскордонних територіях Єврореґіону «Дніпро» (на північний захід та на північний схід від Чернігівщини) наявні окремі осередки металообробної промисловості. Зокрема, функціонують підприємства з обробки металу та машинобудування (машинобудівний арсенал, електромеханічний завод у ПнСБО та ливарно-механічний і завод металокопункцій відповідно у ПнЗГО). І хоча ці підприємства не є об'єктами повного металургійного циклу, їхня діяльність може мати локальний транскордонний вплив на атмосферне повітря та стан ґрунтів, особливо в прикордонних районах. Таким чином, транскордонне промислове навантаження слід враховувати під час аналізу екологічного стану довкілля території Єврореґіону, особливо у контексті повітряного переносу забрудників.

*Хімічна промисловість.* Хімічні заводи виробляють добрива, пестициди та інші хімічні продукти, що впливають на екологічний стан ґрунтів та атмосферного повітря. Хімічні підприємства регіону є джерелами таких забруднювачів:

- 1) Нітрати та фосфати: надмірне використання мінеральних добрив призводить до накопичення нітратів та фосфатів у ґрунтах, що призводить до: погіршення якості ґрунтів й порушення мікробіологічної рівноваги через пригнічення деяких видів корисних ґрунтових мікроорганізмів, до засолення та закислення ґрунтів, що порушує їх родючість; о забруднення підземних і поверхневих вод через вимивання нітратів у ґрунтові води, що робить воду непридатною для пиття, й до евтрофікації водойм; зниження врожайності в довгостроковій перспективі через дисбаланс елементів живлення, погіршення структури ґрунту й зниження його буферної здатності; потенційної небезпеки для здоров'я людини через ланцюг «ґрунт – вода – рослина – людина», що підвищує ризик отруєнь і хронічних захворювань.
- 2) Органічні сполуки, які включають токсичні речовини, що утворюються в процесі виробництва пестицидів, фармацевтики та пластмас.

*Нафтопереробна промисловість.* У Єврореґіоні «Дніпро» нафтопереробні заводи є відчутним джерелом забруднення ґрунтів. Викиди нафтопродуктів, утворення нафтових плям та неправильне зберігання нафтопродуктів мають такі наслідки (Тарасенко, 2019):

- 1) Нафтопродукти (бензин, мазут, дизельне паливо) забруднюють ґрунти, блокуючи їх здатність до природного відновлення, змінюючи структуру та властивості ґрунтів, зменшуючи вміст кисню.
- 2) Поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ) – продукти горіння нафти, що є канцерогенними та мають високий ризик для здоров'я людини і тварин.

*Електроенергетика.* Теплові електростанції та інші енергетичні об'єкти, які працюють на викопному вугіллі та природному газі, також є суттєвими джерелами забруднення ґрунтів через викиди пилу, сажі та важких металів. Викиди золи й відходи спалювання вугілля, що містять важкі метали та радіоактивні елементи, накопичуються в ґрунтах, погіршуючи їхню якість.

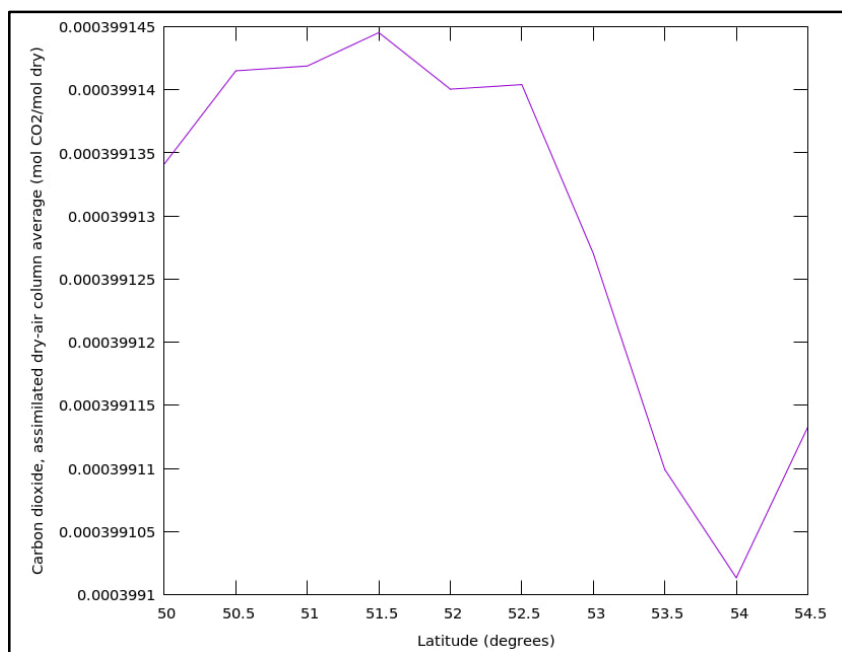
*Будівництво та виробництво будівельних матеріалів* (цементу, бетону, асфальту) призводять до викидів пилу, токсичних речовин та важких металів, що осідають у ґрунті. Забруднення від будівельних відходів також впливає на структуру і склад ґрунтів.

*Транспортний комплекс.* Інтенсивний рух транспорту, особливо вантажного, є непрямим джерелом забруднення ґрунтів через викиди вуглекислого газу, важких металів (свинець, кадмій), мікропластику та відходів від зносу дорожнього покриття.

*Незаконні звалища та неправильна утилізація промислових відходів.* Неправильне поводження з промисловими відходами та їхнє розміщення на нелегальних звалищах призводять до забруднення ґрунтів важкими металами, токсичними речовинами та іншими хімічними сполуками, що, у свою чергу, порушує структуру й родючість ґрунтів, отруює підземні води, спричиняє деградацію екосистем і становить загрозу для здоров'я людей та біорізноманіття.

**Отже, як видно з усього вищезначеного, промислове виробництво на території Чернігівської області та у межах Єврорегіону «Дніпро» є одним із ключових факторів забруднення довкілля, що суттєво впливає не лише на його екологічний стан в цілому, а й на якість атмосферного повітря та ґрунтового покриття зокрема.**

**Так, уявлення про характер антропогенного навантаження на довкілля в цілому та атмосферного повітря, зокрема, надають (графічні) дані щодо розподілу основних забрудників повітря (наприклад, щодо вмісту CO<sub>2</sub>) (рис. 2а та 2б).**

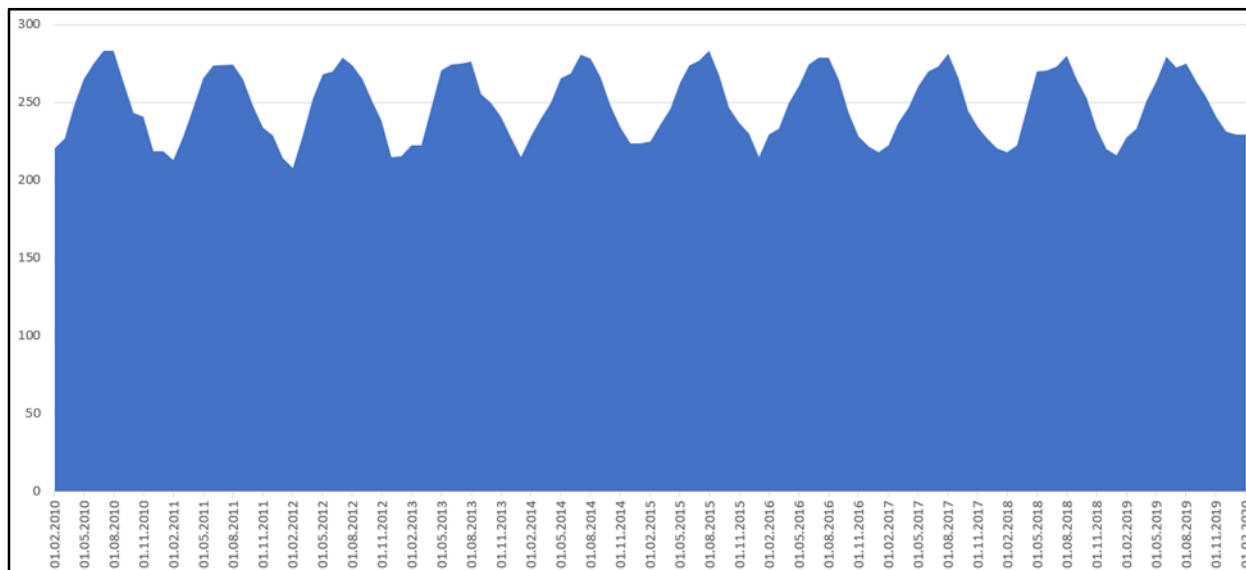


**Рис. 2а.** Розподіл забрудників (зокрема CO<sub>2</sub>) атмосферного повітря у Єврорегіоні «Дніпро» (укладено за даними з [NASA GIOVANNI, 2024])

Аналіз наведених даних засвідчує, що у Єврорегіоні «Дніпро» спостерігається **поступове підвищення концентрацій CO<sub>2</sub> у літні місяці**, що корелює з активізацією промислового виробництва та транспортного трафіку. Натомість у зимові місяці рівень CO<sub>2</sub> локально дещо знижується, що частково пояснюється зменшенням біологічної активності, кращою вентиляцією приземних шарів атмосфери, зокрема тропосфери, та сезонними змінами інтенсивності викидів.

Такий розподіл показників, крім того, може пояснюватися й низкою інших факторів, також залежних у своєму прояві від сезонів року. Так, високі показники вмісту CO<sub>2</sub> влітку можуть бути зумовлені низкою природних і антропогенних чинників, серед яких:

*1. Інтенсивна діяльність транспорту та промисловості:* у літній період зростає інтенсивність пересування автотранспорту, особливо в туристично-привабливих регіонах, а також активізується будівництво та робота деяких підприємств; внаслідок означеного відбувається зростання викидів CO<sub>2</sub> від двигунів внутрішнього згоряння та виробничих процесів.



**Рис. 2б.** Сезонні зміни концентрацій  $\text{CO}_2$  на території Єврорегіону «Дніпро»  
(укладено за даними з [NASA GIOVANNI, 2024])

2. *Зменшення ефективності фотосинтезу в окремі періоди:* у спекотні та посушливі дні рослини закривають продихи листових пластинок для зменшення інтенсивності випаровування, що обмежує фотосинтез, в результаті чого спостерігається зменшення здатності рослин поглинати  $\text{CO}_2$  з атмосферного повітря.

3. *Підвищене мікробіологічне розкладання органіки в ґрунті:* високі температури активізують діяльність окремих груп мікроорганізмів, які розкладають органічну речовину, виділяючи  $\text{CO}_2$ ; це – є природним джерелом вуглекислого газу, що підсилюється влітку.

4. *Пожежі (природні або спричинені людиною):* у літній період зростає кількість лісових пожеж, особливо в умовах посухи, внаслідок чого має місце масове вивільнення  $\text{CO}_2$  через згорання біомаси.

5. *Активне використання систем кондиціонування:* хоча на території Чернігівської області крупних населених пунктів не так багато, проте спостерігається збільшення енергоспоживання ними через використання кондиціонерів у спекотний період; це опосередковано зумовлює зростання викидів  $\text{CO}_2$  через необхідність вироблення більших обсягів електроенергії (особливо з викопного палива).

6. *Теплові інверсії в містах (ефект теплового острова):* у населених пунктах, особливо – великих, спека сприяє утворенню «теплових куполів»/«островів тепла», які затримують забруднення в нижніх шарах атмосфери, чим зумовлюють накопичення  $\text{CO}_2$  та інших забруднювальних речовин поблизу поверхні.

7. *Менша дисперсія:* у літні місяці внаслідок меншої частоти прояву та проходження холодних атмосферних фронтів зменшується ступінь перемішування повітря повітряних мас, що призводить до локального його застою й накопичення/підвищення концентрацій забруднювачів.

Причини зниження вмісту  $\text{CO}_2$  в атмосферному повітрі взимку можуть здаватися неочевидними, але, тим не менше, такі явища фіксуються. Основними чинниками, що можуть спричинити тимчасове або регіональне зменшення концентрацій  $\text{CO}_2$  взимку, є:

1. *Зменшення мікробіологічної активності в ґрунті:* у зимовий період через зниження температур значно сповільнюється діяльність ґрунтових мікроорганізмів, які зазвичай розкладають органічні рештки й виділяють  $\text{CO}_2$ , що в результаті призводить до зменшення природних викидів вуглекислого газу з ґрунтів.

2. *Нижча ймовірність прояву лісових пожеж:* завдяки наявності снігового покриву та підвищеної вологості атмосферного повітря взимку різко знижується ймовірність виникнення

лісових пожеж, а отже, скорочується кількість CO<sub>2</sub>, що зазвичай потрапляє в атмосферу внаслідок згоряння біомаси.

3. *Вплив атмосферної циркуляції*: у зимовий час атмосферна циркуляція активізується, повітряні маси переміщуються частіше та інтенсивніше, що сприяє більш ефективному розсіюванню вуглекислого газу й знижує його локальні концентрації в приземному шарі атмосфери.

4. *Зниження біологічної активності водних екосистем*: з охолодженням водою взимку сповільнюються процеси дихання водоростей та бактерій, які також є джерелами CO<sub>2</sub>, унаслідок чого зменшується надходження вуглекислого газу з водних екосистем до атмосфери.

5. *Осідання CO<sub>2</sub> у сніговому покриві*: у періоди холодів частина вуглекислого газу може тимчасово поглинатися або адсорбуватися поверхнею снігу чи льоду, що хоча й має локальний і короточасний ефект, усе ж сприяє зниженню концентрації CO<sub>2</sub> у приземному шарі атмосферного повітря.

Таким чином, сезонний розподіл викидів забруднювачів у повітря в Єврореґіоні «Дніпро» може пояснюватися як природними, так і антропогенними чинниками, включаючи активність рослин, температурні зміни, сезонні особливості виробництва та транспортні умови. Загалом же на глобальному рівні взимку вміст CO<sub>2</sub> у атмосферному повітрі не знижується, а навпаки – підвищується, оскільки фотосинтез майже припиняється (немає активного поглинання CO<sub>2</sub>), а джерела (опалення, промисловість) продовжують його викидати.

Окрім зростання концентрацій CO<sub>2</sub>, в Єврореґіоні «Дніпро» має місце забруднення повітря NO<sub>2</sub>, що фіксується переважно в урбанізованих зонах та поблизу промислових вузлів. **Діоксид азоту (NO<sub>2</sub>)** є одним із ключових забрудників, що утворюється під час спалювання палива, зокрема в автотранспорті, на ТЕС та в металургійному виробництві. Його підвищені значення вмісту у нижніх шарах тропосфери на території Єврореґіону «Дніпро» (рис. 3 та рис. 4) не лише погіршують якість повітря, а й сприяють формуванню вторинних шкідливих речовин, зокрема озону на рівні тропосфери, та кислотних дощів. Осередками найбільшого забруднення регіону є ділянки навколо великих промислових центрів, енергетичних об'єктів, автомобільного транспорту й інших джерел, що викидають діоксид азоту в атмосферу. І, оскільки вітер та атмосферні потоки транспортують забруднюючі речовини на значні відстані, це сприяє розширенню ареалів забруднення NO<sub>2</sub> як у межах Єврореґіону «Дніпро», так і поза його меж.

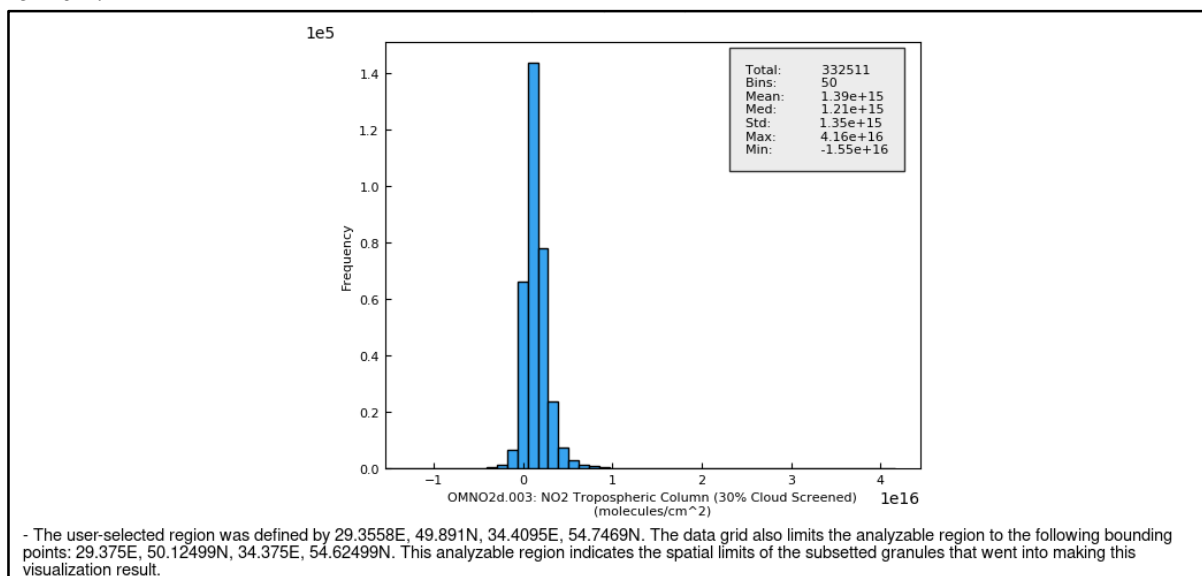
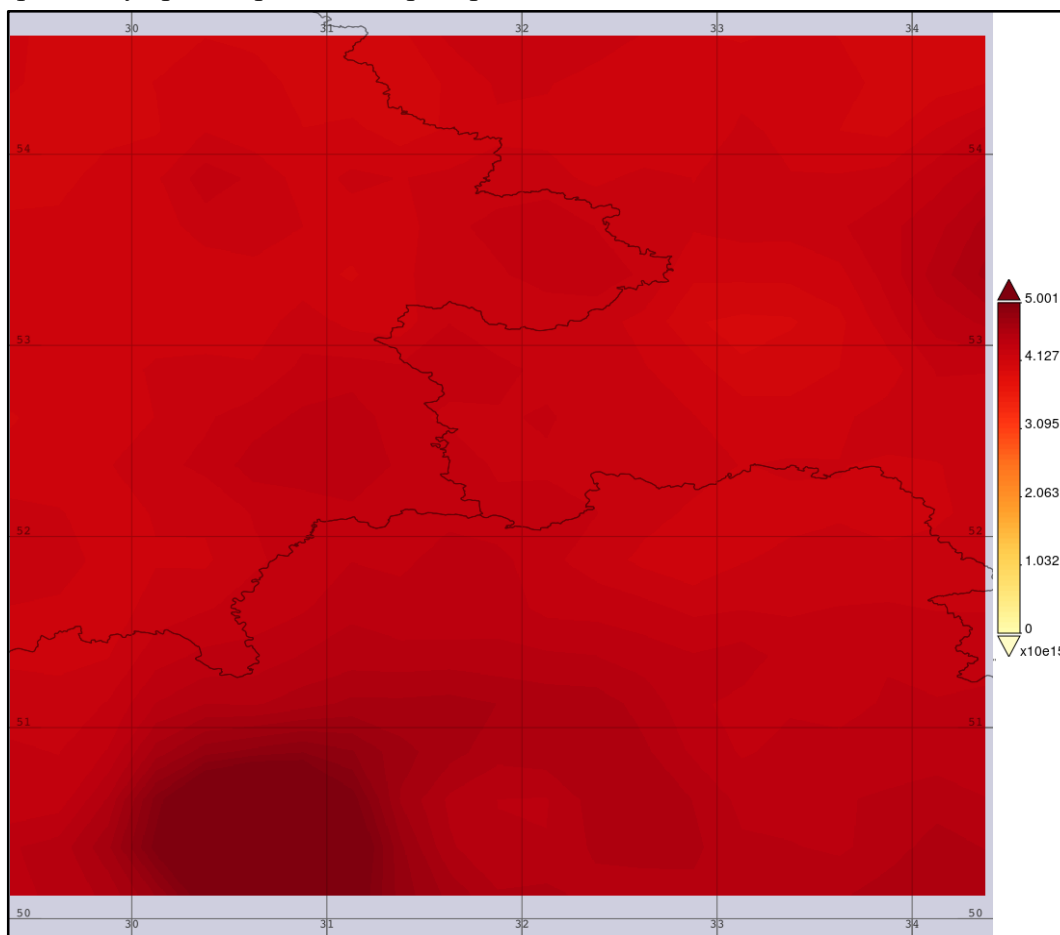


Рис. 3. Забруднення NO<sub>2</sub> нижніх шарах тропосфери на території Єврореґіону «Дніпро» (укладено за даними з [NASA GIOVANNI, 2024])

Діоксид азоту є одним із ключових компонентів забруднення повітря, який утворюється в результаті викидів від промислових підприємств, транспорту, згоряння палива та інших джерел.  $\text{NO}_2$  може осідати на ґрунт у вигляді кислотних дощів або через газові реакції. Це сприяє підкисленню ґрунтів, зміні їх хімічного складу, зниженню родючості та негативному впливу на сільське господарство та екосистеми. Підкислення ґрунтів може також призводити до вивільнення важких металів, що робить ґрунти токсичними для рослин та тварин.

Діоксид азоту ( $\text{NO}_2$ ), що присутній у повітрі, осідає на поверхні ґрунтів разом із дощами або через гравітаційне осідання. Це може викликати підвищену кислотність ґрунту, що призводить до його деградації, зниження вмісту органічних речовин та змін хімічних властивостей. Таке забруднення ґрунтів також має негативні наслідки для здоров'я населення та якості сільськогосподарської продукції, адже токсичні сполуки накопичуються у продуктах харчування та воді. Врахування цього аспекту під час розробки, обґрунтування та запровадження довкіллевих заходів є особливо важливим та актуальним, адже  **$\text{NO}_2$  чинить прямий вплив на здоров'я населення**, викликаючи респіраторні захворювання, а також **негативно впливає на рослинність, ґрунти й водні ресурси**, змінюючи їх хімічний склад. Таким чином, зростання концентрацій  $\text{NO}_2$  в регіоні вимагає не меншої уваги, ніж зростання концентрацій  $\text{CO}_2$ , під час імплементації системи екомоніторингу та при розробці стратегій сталого розвитку транскордонних територій.



**Рис. 4.** Усереднені значення вмісту діоксиду азоту ( $\text{NO}_2$ ) в шарі тропосфери над територією Свєрорегіону «Дніпро» (укладено за даними з [NASA GIOVANNI, 2024])

Із забрудненням атмосфери тісно пов'язане забруднення ґрунтів, які разом є взаємопов'язаними проблемами, що потребують одночасного запровадження моніторингових дослідження та заходів щодо вирішення. Забруднення атмосферного повітря та ґрунтів є взаємопов'язаними складовими одного цілісного екосистемного процесу, в якому

відбувається постійний обмін речовин між компонентами довкілля. Атмосферні викиди промислових підприємств, транспорту та енергетики містять важкі метали, оксиди сірки, азоту, вуглецю, які в результаті атмосферних опадів або гравітаційного осідання осідають на земну поверхню та проникають у ґрунтові горизонти. У свою чергу, забруднені ґрунти можуть стати вторинними джерелами забруднення повітря – через випаровування летких сполук або пилових частинок, що піднімаються у повітря внаслідок вітрової ерозії чи сільськогосподарської діяльності. Такий тісний зв'язок свідчить про необхідність розглядати охорону повітряного середовища та ґрунтового покриву не ізольовано, а як взаємозалежні складові екосистемного підходу до збереження довкілля.

Для потреб *оцінювання специфіки забруднення ґрунтів* у досліджуваному регіоні було здійснено аналіз впливу промислових підприємств та транспортних магістралей Єврорегіону «Дніпро» на стан довкілля транскордонних територій (таблиця 1).

**Таблиця 1.** Специфіка хімічного забруднення ґрунтів Єврорегіону «Дніпро»

(укладено за даними з [Департамент, 2019])

Місце відбору	Свинець (Pb), мг/кг	Кадмій (Cd), мг/кг	Ртуть (Hg), мг/кг	Нафтопродукти, мг/кг	Нітрати, мг/кг
Чернігівська область	45	1,8	0,5	120	20
Транскордонні території на північний захід від Чернігівщини (ПнЗГО)	50	2,1	0,6	75	40
Транскордонні території на північний схід від Чернігівщини (ПнСБО)	40	1,5	0,4	250	15

- найвищий показник у відповідній групі
- середні значення показника у відповідній групі
- найнижчий показник у відповідній групі

Наявні у регіоні напрями та інтенсивність забруднення ґрунтів свинцем, кадмієм, ртуттю, нафтопродуктами та нітратами мають наступні особливості.

Так, ГДК *свинцю (Pb)* та *кадмію (Cd)* в ґрунтах визначені на рівні 32 мг/кг та 0,7 мг/кг відповідно, отже, у всіх досліджуваних ареалах (див. таблицю 1) спостерігаються перевищення! допустимого рівня їх вмісту.

ГДК *ртуті (Hg)* в ґрунтах становить 2 мг/кг, і хоча жоден з показників не відображає перевищення цього рівня, концентрація ртуті в зонах впливу металургійних та хімічних підприємств викликає занепокоєння.

ГДК *нафтопродуктів* у ґрунтах становить 100 мг/кг. У Чернігівській області (120 мг/кг) та у межах транскордонних територій на північний схід від Чернігівщини (ПнСБО) (250 мг/кг) значно перевищено ГДК, що вказує на значний рівень забруднення нафтопродуктами та потребує особливої уваги.

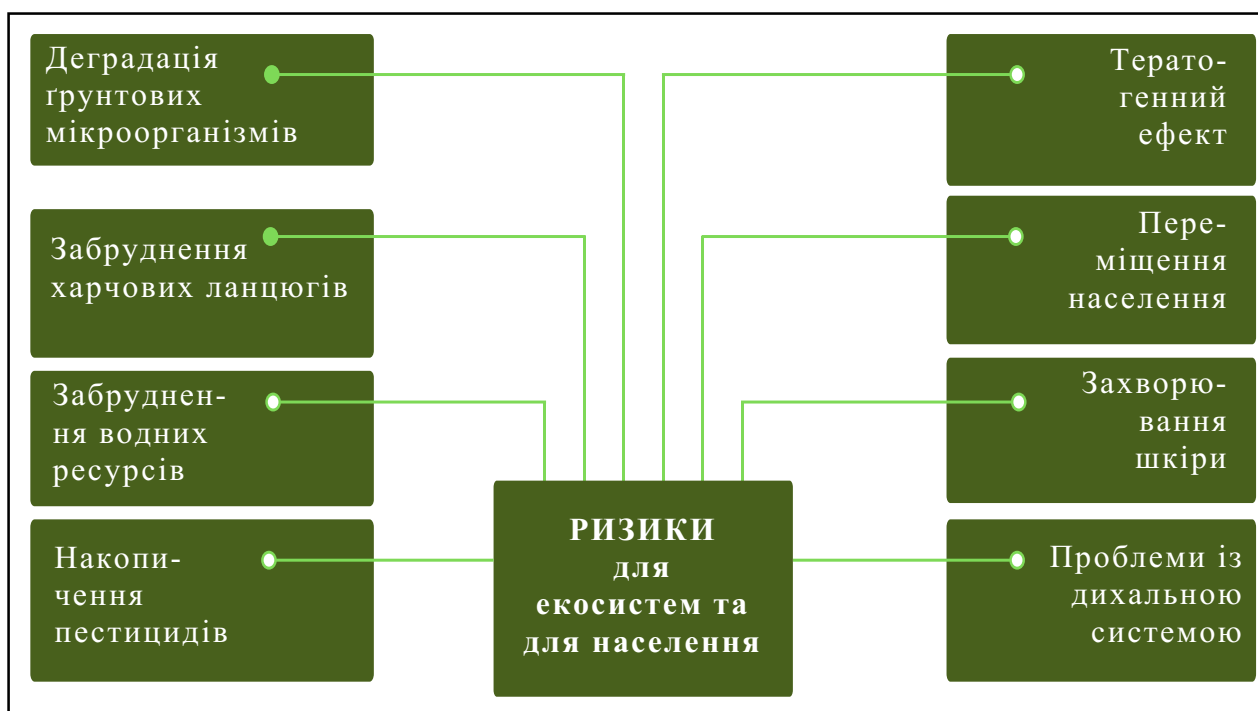
ГДК *нітратів* у ґрунті становить 50 мг/кг та у жодному із модельних ареалів регіону перевищень цього рівня не! зафіксовано, проте їх чималий вміст (на рівні 50 мг/кг, див. таблицю 1) у межах транскордонних територій на північний захід від Чернігівщини (ПнЗГО) може свідчити про інтенсивне використання добрив.

В цілому, найвищі рівні забруднень ґрунтів свинцем, кадмієм, ртуттю, нафтопродуктами та нітратами властиві транскордонним територіям на північний захід від Чернігівщини (ПнЗГО), у той час як Чернігівська область має середні по Єврорегіону значення їх концентрацій.

Отже, як бачимо, **основними проблемними компонентами забруднення ґрунтів Єврорегіону є свинець і кадмій**, концентрації яких у всіх досліджуваних ареалах перевищують гранично допустимі концентрації (ГДК), що свідчить про поширений характер техногенного навантаження. **Ртуть**, хоча і не перевищує встановлених нормативів,

акумулюється в підвищених концентраціях у зонах впливу металургійних та хімічних підприємств, що становить потенційну екологічну загрозу. **Забруднення нафтопродуктами є особливо відчутним**, зі значними перевищенням ГДК, що вказує на необхідність невідкладного моніторингу та локалізації джерел забруднення. І хоча перевищень вмісту нітратів не зафіксовано, їхнє граничне значення у північно-західній частині регіону може свідчити про надмірне використання агрохімікатів, що потребує контролю за практиками внесення добрив. У цілому, ситуація із забрудненням ґрунтів у регіоні вимагає посилення екомоніторингу, оновлення природоохоронних заходів і регіональної координації в контексті транскордонного співробітництва.

Результати оцінювання рівнів забруднення атмосферного повітря та ґрунтів на основі аналізу хімічного складу в зонах техногенного навантаження становлять важливе підґрунтя для визначення екологічних ризиків (рис. 5), що загрожують як стану екосистем, так і здоров'ю населення, яке проживає на відповідних територіях. Такий комплексний підхід дає змогу виявити джерела забруднення, оцінити масштаб впливу шкідливих речовин і сформувані ефективні стратегії реагування для зменшення екологічної та соціальної вразливості регіону.



**Рис. 5.** Екологічні ризики для екосистем і здоров'я населення, зумовлені забрудненням довкілля. Забруднення ґрунтів і атмосферного повітря становить серйозну загрозу для екосистем.

Токсичний вплив важких металів, кислотних опадів і надлишку мінеральних сполук призводить до порушення структури та видового складу біоценозів, знижує родючість ґрунтів, що блокує важливі фізіологічні процеси в рослинах, такі як фотосинтез і обмін речовин, призводить до гальмування їхнього росту або повної загибелі. Накопичуючись у рослинах, важкі метали споживаються тваринами, а потім передаються далі по харчовому ланцюгу, що може призводити до інтоксикації тварин, а також знижувати їхню здатність до розмноження та виживання. Крім того, із забруднених територій шкідливі речовини з поверхневим стоком потрапляють у водойми, спричиняючи евтрофікацію, зниження вмісту кисню та поступову деградацію водних екосистем.

*Нафтопродукти* справляють комплексний негативний вплив на довкілля. Вони мають здатність проникати крізь ґрунтові горизонти у підземні води, забруднюючи водні ресурси, які

є джерелом вологи для рослин, тварин і людей. Це призводить до погіршення якості води в річках, озерах та інших водоймах, а також до загибелі водних організмів через порушення хімічного балансу. У ґрунтах нафтопродукти накопичуються та змінюють їх фізичні й хімічні властивості, що знижує родючість і робить такі ґрунти непридатними для вирощування культурних рослин. Крім того, нафтопродукти мають виражений токсичний ефект на флору і фауну – вони здатні викликати мутації, пригнічувати репродуктивну функцію та скорочувати чисельність популяцій як наземних, так і водних організмів.

*Нітрати та пестициди* є одними з найпоширеніших агрохімічних забруднювачів, які мають суттєвий вплив на стан довкілля. Нітрати легко вимиваються з ґрунтів під час опадів або поливу та потрапляють у річки й озера, спричиняючи евтрофікацію. У результаті цього знижується рівень кисню у воді, що негативно впливає на риб, молюсків та інших водних організмів, іноді призводячи до масової їх загибелі. Пестициди та гербіциди, що активно застосовуються в сільському господарстві, мають здатність тривалий час зберігатися у ґрунті, проникаючи в тканини рослин, а через них – у тіла тварин і людини. Це сприяє накопиченню токсичних речовин у харчовому ланцюзі, що порушує нормальне функціонування екосистем і становить небезпеку для здоров'я живих організмів.

*Для населення* регіону ризику також є суттєвими. Вдихання забрудненого повітря, що містить діоксид азоту, дрібнодисперсні частинки та оксид вуглецю, підвищує ймовірність розвитку респіраторних, алергічних і серцево-судинних захворювань. Крім того, токсичні речовини, що накопичуються у ґрунтах – зокрема свинець, кадмій, ртуть і нітрати – можуть потрапляти у продукти харчування, забруднюючи харчовий ланцюг (рис. 6). Тривалий вплив таких забруднювачів здатен викликати хронічні отруєння, ураження нервової системи та інші серйозні наслідки для здоров'я людей, особливо дітей і людей із підвищеною вразливістю.

Ураховуючи масштаби та характер забруднення довкілля у регіоні, особливо важливо зосередити увагу не лише на моніторингу й виявленні проблемних зон, а й на розробці ефективних підходів до їхнього відновлення. Ревіталізація деградованих й токсично навантажених ґрунтів, а також впровадження заходів із запобігання подальшому їх забрудненню, є ключовими кроками для забезпечення екологічної безпеки території, збереження біорізноманіття та сталого розвитку сільського господарства. У цьому контексті доцільно окреслити основні *рекомендації*, що можуть стати основою для комплексної екологічної політики на місцевому рівні.

Запобігання забрудненню атмосферного повітря вуглекислим газом (CO<sub>2</sub>) та діоксидом азоту (NO<sub>2</sub>) вимагає комплексних заходів, спрямованих на зниження викидів шкідливих речовин і покращення якості повітря. Передусім, необхідно впроваджувати *енергоефективні технології* на промислових підприємствах, особливо у металургії, хімічній та енергетичній галузях, де рівень викидів цих газів є найвищим. Перехід на *використання відновлюваних джерел енергії*, таких як сонячна та вітрова, сприятиме зменшенню спалювання викопного палива, яке є основним джерелом CO<sub>2</sub>.

Важливим кроком є *модернізація транспортної системи*: розвиток громадського транспорту, впровадження електромобілів та альтернативних видів палива, а також стимулювання використання велосипедів і пішохідних маршрутів. Це допоможе значно скоротити викиди діоксидів азоту, які утворюються внаслідок спалювання бензину і дизеля.

Значну роль відіграє також *посилення контролю за дотриманням екологічних норм і стандартів, систематичний моніторинг забруднення повітря*, а також *розробка та впровадження міських екологічних програм*, спрямованих на покращення стану атмосфери. Проведення інформаційної роботи та *екологічної освіти* серед населення сприятиме формуванню відповідального ставлення до збереження чистоти повітря.

Впровадження цих заходів у комплексі дозволить суттєво знизити рівень забруднення атмосферного повітря CO<sub>2</sub> і NO<sub>2</sub>, зменшить негативний вплив на здоров'я людей і навколишнє середовище, а також сприятиме сталому розвитку регіону (Кузьмін, 2017).

Реабілітація забруднених ґрунтів і запобігання їх подальшому деградуванню також потребує комплексного підходу, що поєднує екологічні, технологічні та управлінські заходи. Одним із ключових напрямів у означеному контексті є *біологічна ремедіація*, яка передбачає використання мікроорганізмів, грибів або рослин для поглинання та нейтралізації токсичних речовин, зокрема важких металів чи нафтопродуктів. Доповненням до цього є *агрохімічна нейтралізація*: внесення до ґрунту вапна, органіки чи фосфатів, що допомагає зменшити рухомість або токсичність забруднювачів. У випадках глибокого або локального забруднення варто застосовувати *рекультивацийні заходи*, такі як поліпшення дренажу, аерації, або навіть часткове вилучення уражених шарів ґрунту.

Не менш важливо запобігати новим випадкам забруднення. Для цього необхідно забезпечити *ефективний контроль за промисловими відходами*, зокрема шляхом герметизації полігонів, очищення стічних вод і заборони нелегальних звалищ. У сфері сільського господарства слід впроваджувати *раціональне застосування агрохімікатів*: дотримання допустимих норм, перехід на екологічно безпечні препарати та підтримку органічного землеробства. Важливу роль відіграє також *створення буферних зон* – лісосмуг та зелених насаджень, які не лише зменшують вплив забруднення, а й захищають ґрунти від ерозії.

Крім того, слід налагодити *систематичний моніторинг стану ґрунтів і вод*, зокрема через створення інтерактивних карт забруднення та забезпечення відкритого доступу до екологічних даних. Завершальним елементом цього комплексу заходів має бути *підвищення екологічної свідомості населення та посилення контролю з боку держави*, що включає екопросвіту, залучення громадськості до моніторингових програм і правову відповідальність за шкоду довкіллю. Такий інтегрований підхід дозволить ефективно зменшити антропогенне навантаження на довкілля та забезпечити довготривалу екологічну безпеку регіону.

**Висновки.** Здійснений аналіз та отримані таким чином результати демонструють гостру проблему забруднення довкілля у Єврореєоні «Дніпро», спричинену інтенсивною промисловою діяльністю, сільським господарством та неналежним поводженням із відходами. Найбільший вплив на екологічний стан довкілля здійснюють первинний (сільське господарство, видобувна промисловість) і вторинний (металургійна, хімічна, нафтопереробна промисловість) сектори економіки. Основними забруднювачами ґрунтів є важкі метали (свинець, кадмій, ртуть), нафтопродукти, нітрати та пестициди, які значно погіршують якість ґрунтів, знижують їх родючість і впливають на екосистеми та здоров'я населення. Забруднення ґрунтів тісно пов'язане із забрудненням атмосферного повітря, зокрема підвищеним вмістом діоксиду азоту (NO<sub>2</sub>) та вуглекислого газу (CO<sub>2</sub>). Промислові викиди цих газів осідають на поверхню землі у вигляді кислотних опадів або пилу, що підвищує кислотність ґрунтів, сприяє мобілізації токсичних елементів та послаблює природні захисні функції земельних угідь. Забруднення повітря CO<sub>2</sub> також сприяє посиленню парникового ефекту, що має далекосяжні наслідки для клімату та біорізноманіття регіону в цілому. Усе це разом створює системні ризики для стабільності екосистем, сприяє деградації ландшафтів і негативно впливає на здоров'я місцевого населення, збільшуючи захворюваність на респіраторні, алергічні та хронічні хвороби. Враховуючи ці виклики, стає очевидною необхідність впровадження ефективних заходів із запобігання подальшому забрудненню повітря та ґрунтів, а також ревіталізації вже забруднених територій. Комплексний підхід, який включає екологічний контроль, модернізацію промислових технологій, раціональне використання агрохімікатів, розвиток «зелених» зон і просвітницьку роботу серед населення, є ключовим для забезпечення сталого розвитку регіону, збереження екосистем і покращення якості життя населення не лише дослідженого регіону, але і усього довкілля в цілому.

## Reference.

Білик, І. Г. (2022). Сільське господарство як фактор хімічного навантаження на ґрунти. *Агроекологія та природні ресурси*, (2), 112-120.

- Департамент екології та природних ресурсів Чернігівської обласної державної адміністрації. (2019). *Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Чернігівській області за 2019 рік*. URL: <http://eco.cg.gov.ua/index.php?id=15801&tp=1&pg=> (дата звернення: 20.10.2024)
- Євро регіон Дніпро. (n.d.). URL: <https://www.dniproregion.com.ua> (дата звернення: 20.10.2024)
- Кравченко, Ю. І., & Петров, Д. В. (2021). Проблеми забруднення ґрунтів важкими металами у промислових зонах. *Екологічний вісник України*, 45-55.
- Кузьмін, О. Є., Юринець, О. В., & Мельник, О. Г. (2017). Проблеми і перспективи розвитку транскордонного співробітництва в умовах європейської інтеграції України. *Бізнес Інформ*, 2(469), 45-49.
- Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. (n.d.). *Огляд екологічної ситуації у регіонах України*. URL: <https://mepr.gov.ua/> (дата звернення: 20.10.2024)
- Савченко, О. М. (2019). *Гео екологія промислових регіонів: стан та перспективи*. Харків: Вид-во Харківського університету.
- Сакір-Молочко, Н. (2014). Напрями діяльності, проблеми та перспективи розвитку Євро регіону «Дніпро». *Наукові праці Кіровоградського національного технічного університету. Економічні науки*, 25, 272-277.
- Тарасенко, В. М. (2019). Нафтопродукти та їхній вплив на родючість ґрунтів. *Науковий вісник аграрних наук*. URL: <https://agrarnyjvisnyk.ua> (дата звернення: 20.10.2024)
- NASA GIOVANNI. (n.d.). *Global Interactive Online Visualization and Analysis Infrastructure*. URL: <https://giovanni.gsfc.nasa.gov/> (дата звернення: 20.10.2024)