

Міністерство освіти і науки України
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
ННІ «Інститут геології»
Кафедра геоінформатики

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА
спеціальність 193 – Геодезія та землеустрій
освітня програма «Геоінформаційні системи та технології»

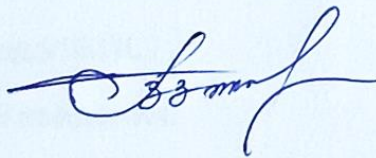
**ТЕМА: «Застосування технологій ГІС у моніторингу забруднення земель
населеного пункту важкими металами на прикладі міста Рівне»**

Виконала:



студентка 4-го курсу
кафедри геоінформатики
Сяська Богдана Володимирівна

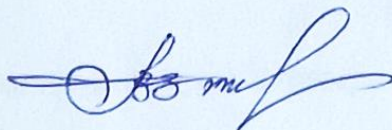
Науковий керівник



доктор технічних наук, професор
Зацерковний Віталій Іванович

Робота рекомендується до захисту (протокол № 14 засідання кафедри
геоінформатики від 13.06 2023 р.)

Завідувач кафедри



доктор технічних наук, професор
Зацерковний Віталій Іванович

Київ – 2023

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	3
ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ З ПРОБЛЕМИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	8
1.1. Методологічні підходи до вивчення та оцінювання забруднення урбоекосистем.....	8
1.2. Характеристика забруднень ґрунтів важкими металами.....	10
1.3. Аналіз виробничо-господарського комплексу міста Рівне.....	17
РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	21
2.1. Ґрунтовий покрив міста Рівне та моніторинг його стану.....	21
2.2. Методи дослідження забрудненості ґрунтового покриву міста Рівне.....	27
2.3. Застосування технологій ГІС для моніторингу забруднення ґрунтів важкими металами.....	31
РОЗДІЛ 3. ОЦІНКА СТАНУ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ м. РІВНЕ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕХНОЛОГІЙ ГІС.....	35
3.1. Аналіз основних показників забруднення ґрунтового покриву міста Рівне важкими металами.....	35
3.2. Розподіл вмісту валової та рухомої форми важких металів у ґрунтах в межах території міста Рівне з використання методу градуїованих кольорів.....	37
3.3. Моделювання поверхні забруднення ґрунтів важкими металами на основі сумарного показника забруднення з використанням методу інтерполяції.....	47
3.4. Візуалізація забруднення ґрунтів м. Рівне важкими металами на основі показника накопичення забруднення з використанням методу інтерполяції.....	50
ВИСНОВКИ.....	55
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	59
ДОДАТКИ.....	63

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ГДК – Гранично допустима концентрація.

ВМ – Важкі метали.

ГІС – Геоінформаційні системи.

СЗЗ – Санітарно-захисні зони.

РІІ – Показник накопиченого забруднення

ВСТУП

Промисловість міських населених пунктів є невід'ємною складовою господарського комплексу, яка забезпечує потреби людини, територіальних громад та є необхідною умовою потенційного розвитку країни. Проте разом з економічним розвитком відбувається і зростання урбанізованих територій. Міські території, як складні багатофункціональні природно-антропогенні системи, займають особливе місце з точки зору гостроти різноманітних екологічних проблем, тому потребують постійного моніторингу.

Переважаючим фактором негативного впливу на навколишнє середовище становлять різноманітні відходи промислового виробництва як комунальних, так і комерційних підприємств, міського транспорту, також виробництва сільськогосподарської продукції, наслідком діяльності яких є забруднення довкілля важкими металами. Спостереження за забрудненням навколишнього середовища важкими металами є обов'язковим, тому проводиться постійний моніторинг вмісту забруднюючих речовин у атмосферному повітрі, у водоймах і підземних водах, ґрунтовому та у рослинному покриві (*Мислива, Онопрієнко, 2009*).

Одним з основних джерел забруднення ґрунтів важкими металами є промислова діяльність, така як гірнична, металургійна, електроенергетична та хімічна промисловість. Викиди та скиди відходів від цих промислових підприємств можуть містити важкі метали, які потім можуть накопичуватися в ґрунтах. Крім того, використання пестицидів та мінеральних добрив у сільському господарстві може також призвести до забруднення ґрунтів важкими металами.

Іншим важливим джерелом забруднення ґрунтів важкими металами є викиди з транспорту, особливо автомобілів, що працюють на бензині або дизельному паливі. Ці викиди можуть містити свинець та інші забруднювачі, які потім можуть накопичуватися в ґрунтах поруч з дорогами та автостоянками.

Надзвичайної уваги заслуговує техногенне накопичення важких металів, особливо в ґрунтах. До ґрунту важкі метали потрапляють у складі різноманітних

хімічних речовин та мають властивість акумулюватися досягаючи критичних показників, відповідно негативно впливаючи на структуру і функції природних екосистем, в тому числі змінюючи структуру ґрунтового біоценозу.

Поширені наслідки забруднення ґрунтів важкими металами включають втрату родючості ґрунту, зменшення врожайності, забруднення ґрунтових вод і підземних вод, а також зниження біорізноманіття та загрозу життю людей і тварин.

Дослідження та моніторинг забруднення ґрунтів важкими металами дає змогу:

- Визначити рівень забруднення та ідентифікувати джерела забруднення. Це допоможе визначити ризики для здоров'я людей та довкілля та прийняти заходи для зменшення забруднення.

- Стежити за змінами рівнів забруднення в часі. Це дозволить вчасно виявляти будь-які зміни та приймати заходи для їх запобігання.

- Встановити взаємозв'язок між забрудненням та здоров'ям людей. Дослідження показали, що високі концентрації важких металів у ґрунтах можуть тими чи іншими шляхами мігрувати через ланцюги живлення до живих організмів, у тому числі людини, що призводить до серйозних проблем зі здоров'ям, таких як онкологічні, серцево-судинні та нервові захворювання.

- Визначити ефективність заходів щодо зменшення забруднення. Дослідження дозволяють оцінити результати заходів щодо зменшення забруднення та визначити, чи є вони ефективними (Прищепя, 2021).

Дослідження та моніторинг забруднення ґрунтів важкими металами також може мати важливі економічні наслідки. Забруднені ґрунти можуть впливати на продуктивність ґрунтів та врожайність, що може призвести до зниження прибутків сільськогосподарських підприємств та інших підприємств, які залежать від здорових ґрунтів.

З метою усунення негативних наслідків забруднення навколишнього середовища і покращення стану довкілля, необхідно проводити аналіз та оцінку

екологічної ситуації. Тому дослідження закономірності розподілу важких металів по ґрунтовому покриву міста Рівне є **актуальним завданням** забезпечення жителів екологічно безпечним і сприятливим середовищем проживання.

Мета дослідження – здійснити моніторинг забруднення важкими металами ґрунтового покриву міста Рівне та провести зонування території відносно отриманих даних з використанням технологій ГІС. Для вирішення цієї мети сформульовані та вирішені такі **завдання**:

1. Проаналізувати наукові джерела які висвітлюють проблеми, пов'язані із забрудненням ґрунтового покриву м. Рівне важкими металами.

2. Схарактеризувати джерела забруднення ґрунтів важкими металами в межах міста Рівне.

3. Оволодіти технологіями ГІС для картографування забруднення ґрунтів важкими металами.

4. Провести аналіз даних забруднення ґрунтового покриву міста Рівне важкими металами, визначити коефіцієнт концентрації кожного елемента й показники сумарного й накопичуваного забруднення.

5. Провести візуалізацію території м Рівне за рівнями сумарного й накопичуваного забруднення ґрунтів важкими металами з використанням технологій ГІС.

Об'єкт дослідження – ґрунтовий покрив міста Рівне.

Предмет дослідження – особливості використання технологій ГІС для аналізу забруднення ґрунтового покриву важкими металами в межах міста Рівне.

Поставлені завдання обумовили використання таких **методів дослідження**:

- Теоретичний аналіз наукових джерел.
- Методи математичної статистики з використанням програмного забезпечення Excel.
- Метод технологій ГІС – класифікація сумарного й накопичуваного показника забруднення ґрунтового покриву важкими металами за допомогою методу

інтерполяції, візуалізація розподілу вмісту валової та рухомої форми у ґрунтах м. Рівне через метод градуированих кольорів.

У дослідженні використовували аналітичні дані відділу інструментально-лабораторного контролю Державної екологічної інспекції Поліського округу.

Наукова новизна. Уперше було здійснено побудову інтерпольованої поверхні розподілу сумарного показника забруднення важкими металами (валова та рухома форма) ґрунтів в межах міста Рівне для проведення загального оцінювання рівня забруднення ґрунтового покриву; обчислено показник накопиченого забруднення PLI (Pollution Load Index) та на його основі візуалізовано ступінь забруднення ґрунтів важкими металами валової й рухомої форми.

Практичне значення. Результати дослідження можуть використовуватися для обґрунтування заходів щодо усунення негативного впливу антропогенного втручання в навколишнє середовище і покращення стану довкілля, а також для прогнозування і досягнення безпечного сталого розвитку урбосистеми м. Рівне.

Апробація результатів дослідження проводилась на XVI International Conference Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment (Kyiv, 15-18 November 2022) (додаток А.1); на XVII Всеукраїнської наукової on-line конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених з міжнародною участю «Сучасні проблеми екології» (м. Житомир ,15 квітня 2021) (додаток А.2).

Структура роботи: дипломна робота виконана на 73 сторінках, містить вступ, 3 розділи з підрозділами, висновки, 32 джерела використаної літератури, 4 таблиці, 25 рисунків та 3 додатки.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ З ПРОБЛЕМИ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1. Методологічні підходи до вивчення та оцінювання забруднення урбоекосистем

На теперішній час в Україні залишилося дуже мало природних ландшафтів, які не зазнали змін внаслідок господарської діяльності. Незмінені природні ландшафти становлять лише 15-20 відсотків від усієї території України.

Найбільшої зміни під впливом господарської діяльності людини зазнали міські населені пункти, які є осередками розвитку виробництва, науки, історії та культури. Сучасні урбоекосистеми є складними ландшафтами, де взаємодіють та взаємопроникають один в одного складові компоненти ландшафтних комплексів: біотичні, антропогенні та соціальні. Такі території отримали назву «урболандшафти» і є типовими для міських систем (*Кучерявий, 1999*).

Під урболандшафтом розуміється міський ландшафт, що сформувався в результаті містобудівного перетворення території, що характеризується однорідною природною основою та певним типом містобудівного використання.

Як видно з визначення, урболандшафт включає природну та антропогенну складову, які в однаково впливають на його формування.

За визначенням О. Дмитрука (*Дмитрук, 1998*) ландшафт – це територія, утворена поєднанням рельєфу, клімату, рослинного й тваринного світу, населення та його культурних особливостей. У густонаселених районах зміни ландшафту набувають максимальних змін. У міських ландшафтах відбуваються значні перетворення рослинно-ґрунтового покриву, зумовлені розвитком добувної промисловості, регуляції водного стоку, використання території під будівництво інфраструктурних, інженерно-геологічних споруд та шляхів сполучення, розроблення штучних ландшафтів тощо. Природний ландшафт зазнає різних метаморфоз, обумовлених різнотиповими способами землекористування в

історико-архітектурних та ділових центрах, житлових районах, промислових зонах, транспортних сполученнях, рекреаційних та приміських територіях.

До складу урбанізованих ландшафтів відносять житлову забудову, об'єкти промисловості, різноманітні заклади освіти, науки, культури, охорони здоров'я, а також торгівлі, фінансові установи, заклади сфери обслуговування, зони рекреації та дозвілля, транспортні та комунікаційні шляхи.

Узагальнюючи дослідження, виділяємо певні закономірності процесу урбанізації (*Hardoy et al, 2001; Адаменко та Міщенко, 2000; Білявський, 1995*):

- 1) тенденції збільшення ролі міст та їхнє зростання;
- 2) концентрація господарської діяльності та соціальної активності людей, що веде за собою посилення економіко-географічної неоднорідності територій;
- 3) якісні зміни у структурі зайнятості населення;
- 4) процес злиття міст у міські агломерації під впливом економічних, соціальних та демографічних факторів;
- 5) міграційний потік сільських мешканців до міст, як основний чинник зростання міст;
- 6) поглинання містами прилеглих територій, які використовувались для виробництва сільськогосподарської продукції;
- 7) розширення приміських зон через відтік жителів з центрів міст на околиці.

З вище перерахованих закономірностей урбанізації можна виділити ті, які в значній мірі переплітаються з розвитком та функціонуванням прилеглої до міст екосистем. Водночас досліджень у цій сфері небагато, вони є багатоаспектними і здебільшого стосуються географічної та економічної сфер. Екологічна складова цього процесу недостатньо вивчена. Урбанізація є однією з причин екологічної нестабільності екосистем через прямі впливи та посилення опосередкованих впливів через зниження і порушення екологічної безпеки функціонування високо

урбанізованих регіонів і міст України. Чим більші ці порушення, тим сильніший тиск урбанізованих територій через прояви криз в її урболандшафтах. Тому одним із важливих завдань роботи землевпорядника є врахування екологічного стану навколишнього середовища для прогнозування розвитку урбоекосистеми, що передбачає оволодіння відповідними екологічними компетентностями (Сяська, Гарманчук, 2021).

Між урбанізованими територіями та агросферою формуються енергетичні, інформаційні, речовинні взаємовпливи, оскільки вони є в різній мірі трансформовані людиною природні системи. У дослідженні С. Сонька зазначено: «Агроекосистеми – урбоекосистеми – дві окремі, але спадкоємні гілки цивілізаційного (ноосферного!) розвитку. Друга поступово виходить з першої при досягненні певного рівня речовинно-енерго-інформаційного ущільнення геопростору» (Сонько С. П., 2006: 118). Якщо розглянути горизонтальну структуру екосистем території держави, можна чітко виявити просторові переходи між агросферою та урбосферою, при цьому відслідковується домінуюча роль агросфери.

Одним із наслідків антропогенного впливу є потрапляння в урболандшафт хімічних елементів, зокрема, важких металів, де ґрунт став важливою ланкою в міграційному ланцюзі, індикатором екологічної стійкості.

1.2. Характеристика забруднень ґрунтів важкими металами

Антропогенний вплив призводить до включення хімічних елементів, зокрема важких металів, у природні кругообіги. В цьому процесі ґрунт виступає невід'ємною складовою ланцюга міграції цих елементів та індикатором стабільності екосистеми.

Хімічні форми елементів у ґрунтовому покриві та їх розподіл в різних регіонах України вивчали А. Александрова, Р. Бендерський, А. Білан, А. Виноградов, П. Власюк, Н. Крупський, Ю. Лабій, О. Перельман, А. Сауков, А. Ферсман, В. Щербина

та ін. Наприкінці ХХ століття дослідження спрямувалися на вивчення форм знаходження важких металів у ґрунтах, які проводилися науковим колективом під керівництвом Е. Жовинського.

Варто зауважити, що ґрунти здатні накопичувати важкі метали, які потрапили у природне середовище і можуть поставати в якості джерела забруднення інших середовищ, а також рослинний покрив. Тому ґрунтовий покрив може індукувати та відображати перебіг біохімічних процесів та міграцій хімічних елементів. У свою чергу моніторинг його стану дає змогу спостерігати за впливом різних джерел забруднення. На думку Т. Мисливи та співавторів, важкі метали мають здатність майже повністю акумулюватися в ґрунті (*Мислива, Онопрієнко, 2009*).

У роботах вітчизняних і зарубіжних науковців описуються закономірності міграції та акумулювання хімічних елементів в різних типах ґрунтів. Встановлено, що найбільш поширені забруднення ґрунту зумовлюються потраплянням до ґрунтового покриву важких металів, які туди надходять в результаті господарської діяльності людини. Відтак, моніторинг за таким типом забруднень є обов'язковим із певною періодичністю проводиться органами екологічної інспекції. До ґрунтового покриву важкі метали проникають разом з атмосферними опадами, стічними водами, промисловими і побутовими відходами, через викиди з промислових підприємств, продуктів згорання палива транспортних засобів, мінеральними добривами і пестицидами. Потрапляючи в ґрунт, важкі метали беруть участь у геохімічних процесах, які призводять до різноманітних перетворень, найчастіше переходячи в гідроксиди, карбонати або у форму обмінних катіонів (*Стернік, 2017*).

Близько 40 металів, які мають атомну масу більше 50 а. о. відносяться до важких: хром (Cr), манган (Mn), залізо (Fe), кобальт (Co), нікель (Ni), купрум (Cu), цинк (Zn), молібден (Mo), кадмій (Cd), олово (Sn), ртуть (Hg), свинець (Pb) та ін. Під час поділу цих металів на категорії враховується їхня токсична дія на живі організми. Біохімічні властивості важких металів наведено у таблиці 1.1 (*Давыдова, 1991*).

Особливої уваги потребують важкі метали, які найбільше широко використовуються у промисловості або потрапляють в довкілля в результаті діяльності сільськогосподарського виробництва та транспортної інфраструктури, або становлять значну небезпеку завдяки своїй токсичності. До таких важких металів відносять свинець, кадмій, цинк, кобальт, нікель, мідь, манган, хром, олово, молібден, ртуть і миш'як.

Таблиця 1.1

Біогеохімічні властивості важких металів (за Давидовою, 1991)

Властивості	Кадмій	Кобальт	Купрум	Ртуть	Нікель	Свинець	Цинк
Біохімічна активність	Висока	Висока	Висока	Висока	Висока	Висока	Висока
Токсичний вплив	Висока	Помірна	Помірна	Висока	Помірна	Висока	Помірна
Канцерогенність	-	Висока	-	Висока	Висока	-	-
Збагачення аерозолів	Висока	Низька	Висока	Висока	Низька	Висока	Висока
Розповсюдження у мінеральній формі	Висока	Висока	Низька	Висока	Низька	Висока	Низька
Розповсюдження в органічній формі	Висока	Висока	Висока	Висока	Висока	Висока	Висока
Рухомість	Висока	Низька	Помірна	Висока	Низька	Висока	Помірна
Здатність до біоконцентрування	Висока	Висока	Помірна	Висока	Висока	Висока	Помірна
Здатність до накопичення	Висока	Помірна	Висока	Висока	Помірна	Висока	Висока
Комплексоутворююча спроможність	Помірна	Низька	Висока	Помірна	Низька	Низька	Висока
Здатність до гідролізу	Помірна	Низька	Висока	Помірна	Помірна	Помірна	Висока
Розчинність речовин	Висока	Низька	Висока	Висока	Низька	Висока	Висока

Важкі метали характеризуються низькою міграційною активністю у ґрунтовому покриві та здатні до акумуляції у верхніх шарах. Забруднення ґрунтів важкими металами зазвичай приурочено до промислових зон, сміттєзвалищ, транспортних шляхів. Очищення ґрунтового покриву від забруднення важкими металами без втручання людини практично неможливе, або відтерміноване в часі. Оскільки токсичні речовини накопичуються у верхньому ґрунтовому покриві, це призводить до поступової зміни його хімічного складу. Це означає, що

забрудненими ділянки залишатимуться протягом десятків років (*Мислива, Онопрієнко, 2009*).

Чинники, які впливають на розподіл важких металів у ґрунтовому покриві:

1. Гранулометрія ґрунту. Ступінь дисперсності ґрунтових частинок прямо або опосередковано визначає його адсорбуючі властивості. Помічено зв'язок між підвищеною дисперсністю ґрунту і його здатністю до міграції атомів елементів важких металів за межі ґрунтового профілю.

2. Ph середовища. У випадку, коли важкі метали потрапляють у ґрунт, який має кислу реакцію, утворюються органо-мінеральні комплекси, що характеризуються підвищеною розчинністю. Це сприяє міграції хімічних елементів у першу чергу в рослинний покрив.

3. Карбонати. Міграційні властивості хімічних елементів важких металів можуть знижуватися у результаті впливу карбонатних сполук. Це пов'язано з тим, що високодисперсні фракції карбонатів володіють вираженими абсорбційними властивостями, також вони можуть впливати на реакцію середовища, підвищуючи його кислотність.

4. Оксиди і гідроксиди. На міграцію важких металів у ґрунтовому покриві впливають оксиди і гідроксиди, передусім заліза, алюмінію та мангану. Механізм сорбції являє собою ізоморфне заміщення іонів заліза і мангану на катіони металів. При цьому найбільша спорідненість гідроксидів заліза і мангану проявляється до аналогічних за розміром металів (Co^{2+} , Cd^{2+} , Ni^{2+} , Hg^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Pb^{2+} , Ag^+ , Co^{3+}).

5. Сукупність органічних речовин ґрунту. Відомо, що органічні сполуки мають здатність інактивувати важкі метали в ґрунтовому покриві, збільшуючи його буферні властивості, а також сприяти зниженню токсичного впливу важких металів через зменшення їхнього надходження у рослини. Результатом взаємодії органічних речовин з важкими металами є утворення простих солей і хелатних сполук.

6. *Використання мінеральних добрив.* Тривале використання мінеральних добрив призводить до появи різнопланового складного впливу на вміст хімічних елементів у ґрунті і їхнє потрапляння до рослинного покриву. Зокрема, мінеральні добрива можуть змінювати хімічну реакцію ґрунтового середовища, тим самим впливаючи на розчинність і акумулятивність сполук мікроелементів важких металів; змінюючи активність і спрямованість реакцій хімічного обміну; підвищуючи врожайність сільськогосподарських культур. При цьому може порушуватися баланс мікроелементів у ґрунті.

7. *Врахування типу ґрунтового покриву.* Н. Зирін і співавтори (1985) визначив типи ґрунтів за здатністю фіксувати важкі метали і швидкістю процесу їхньої трансформації. Найвищу здатність виявляють такі типи ґрунтів (подано у режимі спадання): чорнозем типовий, дерново-підзолистий окультурений, дерново-підзолистий неокультурений.

8. *Ґрунтові організми.* Вміст рухомої форми важких металів в ґрунтовому покриві не є стабільним. Його коливання зумовлюються різними чинниками, серед яких чільне місце займають інтенсивність діяльності ґрунтової мікрофлори та інших мікроорганізмів, а також онтогенетичні метаморфози рослин, які виявляються у зміні інтенсивності поглинання хімічних елементів. Своєю чергою на активність мікробіоти впливає вологість ґрунтового покриву, яка безпосередньо залежить від кліматичних особливостей певного регіону та має періодичну повторюваність. Тому вміст рухомої форми важких металів може періодично змінюватись у досить широких межах: у 5 разів і більше той чи інший бік.

9. *Вплив профілю ґрунту на міграцію важких металів.* Рухома форма важких металів, потрапляючи в ґрунт зазнає різноманітних трансформацій. Основний процес, який визначає вміст важких металів у ґрунті, є їхнє закріплення гумусом. Тут спостерігається обернена залежність: чим більший вміст гумусу, тим міграційні можливості важкого металу переважно зменшуються. Звідси можна зробити

висновок, що підвищений вміст важких металів буде виявлятися у верхньому шарі ґрунту, де міститься найбільше гумусу.

10. Форми перебування важких металів у ґрунті. Важкі метали присутні в ґрунтовому покриві у різних формах: у формі вільних катіонів – у ґрунтовому розчині та асоціатів з компонентами розчину; у формі обмінних катіонів і їхніх заряджених комплексних сполук – у твердій частині ґрунту завдяки адсорбуванню на поверхні ґрунтових часток; у формі ізоморфних домішок у структурі глинистих мінералів; у формі власних мінералів і осадів малорозчинних солей; й формі гелів Fe, Al, Mn тощо.

11. Властивості важкого металу. Встановлено, що за однакового забруднення важкими металами їхній токсичний вплив на рослинний покрив може бути різним. Це пояснюється їхньою неоднаковою здатністю до адсорбції рослинами, наприклад, за однакових умов іон Cu^{2+} адсорбується інтенсивніше, ніж Cd^{2+} . Така ж тенденція характерна для Cd^{2+} і Zn^{2+} - кадмій переважно знаходиться в обмінній формі і лише незначна його частка зв'язана оксидами заліза, тоді як цинк утримується ґрунтами значно міцніше.

Важкі метали здатні накопичуватися переважно у верхньому шарі і можуть повільно мігрувати під час вилуговування, поглинанні в розчиненому стані рослинами, а також у результаті дії процесів водної ерозії ґрунтів. Зокрема, вони можуть вступати в реакції з силікатами, несилікатними мінералами, взаємодіяти з різними органічними речовинами. Ці сполуки частково можуть утримувати важкі метали, проте частина з них все одно візьме участь у міграційних потоках по ґрунтовому профілю і буде становити небезпеку (*Мислива, Онопрієнко, 2009*).

Розрізняють два типи важких металів у ґрунті (за походженням і властивостями):

- 1) літогенні (пов'язані з переважаючою материнської породою);
- 2) антропогенні (пов'язані з діяльністю людини).

Зазвичай, за необхідності контролю над техногенним забрудненням ґрунтів важкими металами визначають вміст валової форми. Проте валова форма важких металів не завжди вірно відображає ступінь їхньої токсичної небезпеки через те, що вони стають непридатними для міграції із-за зв'язування сполук важких металів, ґрунтовими часточками та гумусом. Вважається, що підвищення вмісту валової форми важких металів у ґрунті не становить прямої небезпеки для життєдіяльності організмів, тоді як їхня рухома форма може створити реальну небезпеку, оскільки здатна до засвоєння живими організмами.

Отже, вимірювання вмісту рухомої форми важких металів у ґрунті необхідно здійснювати у разі виявлення високих значень їхньої валової форми. Тому визначення вмісту рухомої форми важких металів може використовуватися для оцінювання ступеню забрудненості ґрунтів важкими металами і виділення територій як потенційно небезпечних для проживання людини та інших організмів.

Варто зауважити, що важкі метали зазнають міграції, при цьому переходячи з однієї в іншу форму хімічних сполук. Проте значна їхня частина не піддається гідролізу та акумулюється в ґрунтовому покриві. Звідси важкі метали в ґрунті можуть перебувати в таких станах: необмінному (валова форма), обмінному, водорозчинному (рухома форма).

Пріоритетність визначення валового вмісту полягає у тому, що ця форма перебування важких металів свідчать і про значний вміст рухомих форм. Валова форма – це загальна кількість важких металів в ґрунті, які при дослідженнях вилучаються з ґрунту концентрованою азотною кислотою.

Рухома форма ВМ (важкі метали) є фіксована і доступна для рослин. Доступну для рослин форму ВМ зазвичай визначають шляхом вилучення буферним розчином з рН 4,8.

1.3. Аналіз виробничо-господарського комплексу міста Рівне

Одними з основних чинників розвитку урбосистем і виникнення екологічних проблем є господарська діяльність, концентрація промислового виробництва, інфраструктура. Провідною галуззю в економіці міста є промисловість. Промисловий потенціал міста характеризується високим рівнем розвитку хімічної промисловості та машинобудування. На виробництво хімічних речовин і хімічної продукції припадає 18,1 % від загального обсягу виробництва, машинобудування – 8,3 %, виробництва харчових продуктів – 9,0%, текстильного виробництва – до 8,3 %. Продукція добувної та переробної промисловості складає 53,7%, електропостачання, газопостачання, постачання пари та кондиційованого повітря складає 44,5%.

Упродовж останніх трьох десятиліть економічний розвиток урбосистеми відбувався в контексті макроекономічних тенденції, які є типовими для міст та регіонів держави. До них потрібно віднести три етапи розвитку: етап економічного спаду кінця ХХ ст. (1991–1999 рр.), який був пов'язаний з перехідною економікою; етап економічного підйому (2000–2006 рр.), що характеризувався формуванням вільного економічного середовища, сприятливих зовнішніх зв'язків, розвитком малих та середній підприємств; етап економічного спаду 2007–2009 років, що пов'язано зі світовою фінансово-економічною кризою та поступовою стабілізацією в наступні роки (*Jovane and Yoshikawa , 2008*).

У межах міста Рівне промислові підприємства розміщені більш-менш компактно, утворюючи 5 зон: північну, північно-східну, південно-східну, південно-західну, центральну. Характеристика промислових зон представлена у таблиці 1.2, яку описали у своїх наукових працях Прищепта та Клименко (Клименко, Прищепта та ін., 2018; *Клименко та ін., 2008*).

Формування цих зон в урбосистемі відбувалося поступово, починаючи із середини ХХ століття. Як правило, промислові об'єкти розміщувалися поза межами

урбосистеми, до них були розвинуті транспортні мережі, згодом відбувалася забудова як приватним, так і комунальним житлом і територія поглиналася містом. Перші такі процеси поглинання містом простору відбулися з центральною промисловою зоною, для якої характерна щільна забудова, де проживає високий відсоток населення міста. А в таких зонах, як північна, південно-східна швидкими темпами відбувається забудова території індивідуальною забудовою. Ймовірно, що й ці промислові зони будуть повністю оточені житловими масивами.

Таблиця 1.2

Характеристика промислових зон

Характеристика	Житлова забудова	Зелені зони
Північна промислова зона		
Обмежена вулицями: Млинівська-Біла-Коцюбинського- Кулика і Гудачека. Тут зосереджені підприємства з різною формою власності: «Мехбудсервіс», «Високовольтний Союз – РЗВА», «Рівнегаз», «Рівневтормет», «Рівнекольтормет, «Рівнепобутприлад», «Рівнеборошно», станції Львівської залізниці, які обслуговують виробництва м. Рівне, «Вторма-Рівне», «Електро», «Авіком-Рівне», та ін.	Наявний житловий масив, який обмежується вулицями Соборна-Дубенська. Присутня індивідуальна забудова.	Озеленена територія представлена парком «Хімік». Санітарно-захисні зони простягаються вздовж промислово-складської території.
Північно-східна промислова зона		
В межах вулиць Богоявленська-Василя Червонія, що включає: ВАТ «Газотрон», ПрАТ «Рівненська фабрика нетканих матеріалів», ЗАТ «Реноме», АТП-15663.	Крупні житлові масиви.	Крупні масиви зелених насаджень відсутні, наявні санітарно-захисні зони.
Південно-східна промислова зона		
Має яскраво виражену енергетичну (КТП «Комуненергія», Комунальна ТЕЦ, ЗАТ «Рівнеенерго») і транспортну (ВАТ «Рівненський завод тракторних агрегатів», АТП-1728, КП «Рівнеелектроавтотранс», ВАТ «Камазтранссервіс», ВАТ «Рівнеавто») спеціалізацію. Обмежена вулицями Київська, Володимира Стельмаха, Д. Галицького. У межах зони знаходиться крупна транспортна розв'язка на Київ та Остріг, проходить Рівненська кільцева дорога.	Садібна житлова забудова	Зелені насадження представлені зоологічним парком та садовими масивами, СЗЗ промислових підприємств більш-менш витримані.

Продовження таблиці 1.2

Південно-західна промислова зона		
Зосереджена у Дворецькому та Басівкутському районах міста, що включають в себе такі підприємства: ВАТ «Рівень», ВАТ «Поліссяхліб», ЗАТ «Агроресурс», ВАТ «Рівненський хлібокомбінат»; ВАТ «Рівненський завод будматеріалів», ТОВ «Захід ресурси», «Рівнеоблводоканал», ПП «Політек».	Наявні культурно-освітні установи, заклади охорони здоров'я. Житлова забудова має компактним розміщенням у центральньо-східній частині зони.	Обмежена кількість зелених насаджень. Недотримання меж санітарно-захисних зон
Центральна промислова зона		
Дислокується вздовж вулиць Степана Бандери-Чорновола-Приходька; Соборна-Київська, Переважають підприємства з різною формою власності, що належать до харчової промисловості та сфери послуг: Виробниче підприємство «Акватон», «Рівненський КХП», «Укртелеком», АТП-15607, Рівненське управління магістрального нафтопроводу «Дружба», «Екохелп», «Рівненська кондитерська фабрика», «Рівнеборошно».	Найбільш густозаселена територія, яка зосереджена довкола адміністративного центру міста.	Найбільш озеленена територія, що включає в себе Рівненський парк культури і відпочинку імені Т. Г. Шевченка, Гідропарк, незабудовану частину заплави річки Устя. Недотримання санітарно-захисних зони

Транспортна інфраструктура. До значних джерел, котрі впливають на якість довкілля урбосистеми, відносимо транспортну інфраструктуру. У Рівному добре розвинута транспортна інфраструктура (табл. 1.3) (*Профіль громади міста Рівне, 2021*).

Слід зазначити, що географічне положення урбосистеми знаходиться на перетині основних доріг міжнародного та національного значення. Загальна протяжність доріг складає 300,5 км та налічує 442 вулиці. Усі вони з твердим покриттям. Є 8 автомобільних мостів. На території міста розташовані 54 світлофорні об'єкти. Загальна довжина тролейбусних ліній 60,8 км. Загальна довжина автобусних ліній 728,6 км. Схема руху транспорту є недосконалою, тому, що практично весь транспорт проїжджає через центр міста та формує значне навантаження на цю частину міста (*Пасажирський транспорт м. Рівне*).

Таблиця 1.3

Характеристика транспортної інфраструктури урбосистеми Рівного

Основні автомагістралі		Залізничне сполучення	Громадський транспорт
Міжнародного значення	Національного значення		
Місто знаходиться на перетині трансєвропейського коридору №3 «Берлін-Київ» та Міжнародного транспортного коридору «Гданськ- Одеса», на перетині автомаршрутів трансєвропейської центральної транспортної вісі E40 (Брюссель-Дрезден- Краків-Рівне-Київ) та E85 (Клайпеда-Вільнюс-Дубно-Бухарест-Александруполіс).	Через місто проходить національна автомобільна дорога Н22 (Устилуг-Луцьк-Рівне) та регіональні автомагістралі Р05 (Городище- Рівне- Старокостянтинів) , Р77 (Рівне-Тучин-Гоща).	Через місто проходять залізничні магістралі: Київ-Хелм; Ковель-Київ; Львів-Рівне; Ковель-Одеса; Дніпро-Рівне; Запоріжжя-Ковель	12 тролейбусних та 26 автобусних маршрути; щоденно працює 60 тролейбусів, у тому числі один «нічний тролейбус», 280 автобусів в режимі маршрутного таксі.

Проаналізувавши розміщення промислових підприємств в урбосистемі, можна дійти до висновку, що значна частина промислових об'єктів зосереджена на околицях міста, створюючи негативний вплив на мешканців приміських сільських населених пунктів, а також на жителів індивідуальної забудови, житлові масиви яких сформувалися в останні десятиліття. Відзначено розміщення підприємств у щільно-забудованих житлових масивах. Визначено, що забудову на певних ділянках проводили стихійно, тому не завжди дотримані межі санітарно-захисних зон та норми зелених насаджень вздовж доріг різного значення. У місті добре розвинута транспортна інфраструктура, проте всі транспортні потоки проходять через центр урбосистеми. Таким чином, на природні компоненти урбосистеми господарсько- виробничий комплекс здійснює постійний тиск та формує певні екологічні проблеми, на дослідження яких зупинимося більш детально.

РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Ґрунтовий покрив міста Рівне та моніторинг його стану

Основною материнською породою на якій сформувалися ґрунти в межах території м. Рівне є леси. Лише вздовж заплавних терас р. Устя сформувалися алювіальні, делювіальні гірські породи та подекуди зустрічаються флювіогляціальні відклади. На території міста чітко відображається ваємозв'язок між розташуванням певного виду ґрунтового покриву й геологічними породами та особливостями рельєфу. Урбоедафосистема м. Рівне представлена такими типами ґрунтів: чорноземи звичайні, чорноземи лучні (у вододільних ділянках), середньосуглинисті, темно-сірі, дерново-підзолисті, дерново-карбонатні (*Стернік., 2017*). Проте значна частина міста вкрита техноземами – насипними ґрунтами.

При огляді розподілу ґрунтів по території міста Рівне, відразу помітно, що різні види ґрунтів мають нерівномірне розташування, утворюючи ізольовані області. Головною причиною цього є різноманітність рельєфу міста. Це суттєво впливає на нагромадження поживних та забруднюючих речовин у ґрунтах, на їхній повітряно-водний режим, здатність до вимивання та на родючість ґрунтів. Тому у різних частинах міста виникли різні типи ґрунтів.

На формування ґрунтового покриву впливала рослинність. Оскільки узбережжя р. Усті було вкрито мішаними лісами, тут сформувалися лісові ґрунти, саме сірі лісові та опідзолені чорноземи. На вододілі річки була поширена степова рослинність, що зумовило формування вилужених чорноземів. Рельєф міста відповідає Волинській височині, є досить почленованим, тому тут відбуваються інтенсивні процеси водної ерозії ґрунтів. Тому ґрунтовий покрив міста Рівне характеризується високою змитістю (*Стернік, 2017*).

У межах заплави річки Устя ґрунти представлені мулуватоболотними карбонатними типами (південна частина), а також торфовоболотними типами (північна частина). Якщо порівнювати з різноманітністю ґрунтів надзаплавних терас та вододілів, то незначне різноманіття ґрунтів заплави пояснюється азональністю розміщення та відносною одноманітністю умов ґрунтоутворення. Вважається, що заплавні ґрунти характеризуються більш інтенсивним промивним режимом, відтак вони будуть менш стійкими до техногенного впливу, оскільки у них формуються умови, сприятливі міграції забруднювачів різного походження.

За дослідженнями В. Стернік можна констатувати, що у природньому ґрунтовому покриві території міста Рівне переважають чорноземи лучні або чорноземи неглибокі малогумусні карбонатні. Своєю чергою низинні болотисті ґрунти розміщені на периферії міста (північна та південно-східна околиця), а також частково у центрі (Стернік, 2017).

Урбосистема міста не сприяє збереженню ґрунтів у природньому стані. У геоісторичному процесі розвитку міста Рівне ґрунти зазнали трансформації, зокрема, вони піддавалися меліорації, штучному насипанню. На сьогоднішній день переважна частина ґрунтового покриву в межах міста Рівне перекрита техноземами. Особливих змін зазнали ділянки заплавних ґрунтів та надзаплавної тераси, де шар насипного ґрунту становить приблизно 4,5 метри. Слід врахувати, що територія міста посилено збільшується, зростання площі житлової забудови, а також здійснюються використання ґрунтової поверхні для господарських потреб. Отже, у ґрунтовий покрив потрапляє окрім забруднювальних речовин ще й будівельне сміття, побутові відходи тощо.

У наукових працях виділяють наступні категорії ґрунтів характерні для урбоекосистеми м. Рівне:

- 1) паркові природні;
- 2) природно-штучні скверів та бульварів, внутрішньо-квартальних посадок;

3) штучні вуличних посадок (*Стернік, 2017*).

Дослідження паркових природних ґрунтів на території м. Рівне визначило незначний вміст гумусу, який виявляє слаболужні властивості та характеризується щільною структурою. Вона характерна також для ґрунтового покриву природно-штучних скверів та бульварів, внутрішньо-квартальних посадок, що не сприяє покращенню його родючості та фільтраційної здатності. На штучних вуличних посадках переважають техноземи, які характеризуються низьким вмістом перегною, значною твердістю, щільністю і незначними фільтраційними властивостями.

Контролюючи стан природного середовища, можна аналізувати та прогнозувати методи та масштаби природокористування, які призводять до мінімальних або навіть відсутніх змін для навколишнього середовища. Це є основною метою екологічного моніторингу.

Особливості ґрунтів як об'єкта моніторингу визначаються їх місцем і ролями в біосфері. Ґрунтовий покрив виступає як остаточний приймач багатьох хімічних речовин, що надходять до біосфери внаслідок людської діяльності. Завдяки великій здатності до поглинання, ґрунт виступає як головний накопичувач, сорбент та руйнівником токсичних речовин.

У статті 20, 22 Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища» зазначається про необхідність створення системи моніторингу за станом навколишнього середовища, джерелами його забруднення та прогнозування. На початку 90-х років вперше було проведено моніторинг, який визначав вміст окремих хімічних елементів у ґрунтовому покриві на території нашої держави, які зазнають значного антропогенного навантаження. Ці дослідження проводились точково і не давали повної карти про стан забруднення ґрунтів важкими металами (*Калабеков, 2003*).

Таким чином, починаючи з 1991 р. у м. Рівне реалізується Система екологічного моніторингу «Україна», у програму якої входить виконання завдань

по здійсненню спостереження за станом навколишнього середовища із інформаційним супроводом. Юридично правові документи, які нормативно регулюють роботу Системи екологічного моніторингу закладені в постановах Кабінету Міністрів України *«Про затвердження Положення про моніторинг земель» зі змінами (1993)*:

– реалізація екологічного моніторингу забруднення ґрунтів покладена на функції державної гідрометеорологічної служби, яка зобов'язана раз у 5 років здійснювати забір проб з ґрунтового покриву для встановлення забруднення важкими металами й пестицидами;

– на функції державної екологічної інспекції покладена реалізація екологічного моніторингу на територіях промислових об'єктів;

– на функції Міністерства охорони здоров'я покладено реалізація екологічного моніторингу стану ґрунтів у контексті можливого патогенного впливу на здоров'я людини. Основну увагу слід приділяти регіонам, що спеціалізуються на вирощуванні сільськогосподарських культур з використанням гербіцидів, інсектицидів та пестицидів, а також ділянкам житлової забудови, громадських закладів, освітніх установ. Особливий моніторинг встановлюється для територій, де зберігаються токсичні відходи або захоронення;

– на функції Міністерства агропромислової політики покладено реалізація екологічного моніторингу стану ґрунтів сільськогосподарського призначення та інших угідь. Ці ґрунти проходять дослідження на токсичні, радіологічні, агрохімічні забруднення, у тому числі на наявність важких металів. На території Рівненської області створена локальна система екологічного моніторингу «Полісся». Варто зауважити, що на сьогоднішній день ця система не може повноцінно виконувати покладені функції, зокрема, дослідження стану ґрунтового покриву проводиться частково і лише з метою здійснення агрономічної паспортизації.

Порівнюючи діяльність програми екологічного моніторингу стану ґрунтів з іншими програмами моніторингу повітряного чи водного середовищ, то дослідження ґрунту є більш складнішим, на що впливають такі чинники:

- до складу ґрунту входять не лише гірські породи й мінерали, вода, гумус, повітря, але й складна за своїми трофічними зв'язками ґрунтова біота. Тому слід враховувати взаємовплив однієї живої складової частини на іншу – неживу;

- у ґрунтовому покриві відбуваються складні біохімічні процеси, в яких беруть участь різноманітні хімічні сполуки гірських порід, продуктів життєдіяльності живих організмів, повітря, вода, а також хімічні речовини, що потрапляють у ґрунт в наслідок антропогенної діяльності;

- існує кілька джерел, що змінюють хімічний склад ґрунту, тому точно виявити джерела-забруднювачі часто є неможливим. Проте хімічні елементи важких металів в більшості потрапляють в результаті антропогенного навантаження, тому їх легше ідентифікувати як речовини, що штучно потрапили до ґрунтового покриву;

- існують певні суперечності щодо встановлення гранично допустимих концентрацій забруднюючих речовин, особливо це стосується важких металів, оскільки нормативна база для встановлення критичного рівня перевищення допустимої концентрації на сьогодні є недосконалою. Проблему складає встановлення ГДК для валової та рухомої форми важких металів. У нормативній базі перелік хімічних елементів важких металів не співпадає для валової та рухомої форми, або ж ГДК для однієї з форм не встановлено;

- на даному етапі немає єдиних підходів і відповідно нормативно-правової бази для системного оцінювання ступеня забруднення ґрунту.

У дослідженні В. Стернік наголошується про те, що до цього часу існують суперечності у розумінні понятійно-категоріального апарату, який стосується екологічного моніторингу забруднення ґрунтового покриву. До прикладу, наявні розбіжності у трактуванні понять «рухома форма» та «валова форма» важкого металу (Стернік, 2017).

Стосовно методології оцінювання забруднення ґрунту важкими металами, можемо дійти висновку про відсутність єдиних методик її реалізації. Так, для здійснення фонових моніторингу доцільно використовувати метод порівняння даних, таким чином виконуючи оцінку динаміки забруднення ґрунтового покриву в часі. Для локального моніторингу рекомендовано проводити короткострокове оцінювання стану ґрунтів.

Відповідно групою науковців запропоновано класифікувати показники екологічного моніторингу згідно з їхньою тривалістю. Зокрема, спостереження за станом ґрунтів може здійснюватися за програмами ранньої, короткострокової й довгострокової діагностики (*Стернік, 2017*).

За допомогою проведення ранньої діагностики стану ґрунтів та зміни їхніх властивостей можна зафіксувати появу негативних процесів та вчасно провести відповідні заходи щодо їх усунення. У першу чергу це стосується показників, які відображають особливості життєдіяльності ґрунтової мікробіоти та безхребетних організмів (біологічна активність ґрунтів, ферментативна активність ґрунтів, нітрифікаційна активність ґрунтів, ступінь азотфіксації та денітрифікації ґрунтового покриву).

Застосування показників ранньої діагностики ґрунту репрезентативне для ґрунтового покриву природних біоценозів, разом з тим в районах зосередження промислових підприємств різних класів небезпеки для довкілля такі дані є малоінформативними.

Показники ранньої діагностики ґрунту можна інтегрувати, враховуючи їх сезонний характер, при цьому слід прийняти до уваги адаптативні можливості живих організмів в районі проведення дослідження.

За допомогою проведення короткострокової діагностики стану ґрунтів характеризують локальні зміни, що дає змогу реалізовувати поточний моніторинг. До показників короткострокової діагностики відносять оцінювання фракційного

складу гумусу, активності катіонно-обмінних реакцій, кислоторозчинних сполук Ca, Mg, Fe і Al та рухомих форм сполук важких металів.

За допомогою проведення довгострокової діагностики стану ґрунтів оцінюється антропогенне забруднення ґрунтового покриву в результаті діяльності промислових підприємств. Сюди відносять показники сумарної валової форми важких металів, хімічний склад гірських порід і мінералів, гумусу, а також фізико-гранулометричні властивості ґрунтового покриву. Тривалість проведення довгострокової діагностики може бути від 5-7 років до 10 (*Глазовська та ін., 1989*).

На сьогоднішній день вважаємо, що система моніторингу земельних ресурсів має свої недоліки, основний з яких полягає у концепції розуміння ґрунту як єдиної системи, біосферного організму, який часто розглядається виключно з погляду споживання та як джерело сільськогосподарської продукції. Це проявляється у фокусі контролю на агрохімічними показниками стану земельних ресурсів, тоді як екологічні функції ґрунтів, загалом, є менш вивченими.

2.2. Методи дослідження забрудненості ґрунтового покриву міста Рівне

Екологічний стан ґрунтів на території України викликає занепокоєння. Це пов'язано з системним забрудненням ґрунтового покриву промисловими викидами та відходами, роботою транспорту, в результаті сільськогосподарського виробництва та іншими видами антропогенного навантаження. Тому проведення системного моніторингу за станом ґрунтів є першочерговим завданням для здійснення ефективних заходів, щодо захисту навколишнього середовища від впливу важких металів.

Для виконання поставлених завдань необхідно володіти певним комплексом методів, які дають змогу проводити оцінювання ступеню забрудненості ґрунту, його здатності до самовідновлення та прогнозування змін його властивостей в довгостроковій перспективі.

Методика обстеження ґрунтів на вміст важких металів

У керівному нормативному документі, де обґрунтовується методика проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення зазначено, що у випадку дослідження ґрунтового покриву на ділянках площею від 0,5 га до 20 га, обов'язково закладається окрема контрольна ділянка. Під час вибору контрольної ділянки враховуються особливості рельєфу та обумовлюється її площа.

Площа контрольної ділянки залежить від ступеню техногенного навантаження в певному регіоні. Зазвичай площа ділянки становить як мінімум 100 м². У межах ділянки визначають місця, де відбирають 20–40 проб. Місця відбору проб визначають так, щоб вони утворювали рівномірну сітку покриття ділянки (Яцук, Балюк, 2019).

У випадку, якщо техногенне забруднення території має локальний характер, то місця відбору проб можуть розміщуватися хаотично відповідно до ДСТУ ISO 10381-1. Тоді, площа ділянки може бути меншою за 100 м², але мінімально допустима – 50 м², при цьому відбирають 12–15 точкових проб, які об'єднуються в одну досліджувану.

Оскільки джерела забруднення ґрунтового покриву під сільськогосподарськими угіддями та сельбищної зони населених пунктів точно визначити неможливо, то під час обстеження земель доцільно визначати вміст рухомої форми сполук мікроелементів та важких металів у всіх пробах 1 раз на 5 років.

Оцінювання ступеню небезпеки забрудненості ґрунтового покриву

У процесі дослідження стану ґрунтового покриву необхідно дотримуватися зазначених методів та оперувати достовірною інформацією з виконанням таких умов:

- дотримання вимог ДСТУ ISO 10381-1 стосовно визначення площі та місць відбору проб і забезпечення відповідної підготовки до їх аналізу;

- усі проведені вимірювання здійснювати за нормативно-правовими документами відповідно до технічних умов національних стандартів;
- визначення адекватних методів та критеріїв оцінювання стану забрудненості ґрунтового покриву;
- у процесі аналізу отриманих результатів слід враховувати можливу похибку обстежень.

Для оцінювання ступеню забрудненості ґрунтів варто здійснювати порівняння фактичної концентрації хімічного елемента важкого металу з його показником гранично допустимої концентрації, якщо ж такий показник відсутній – його порівнюють з значенням природного фону.

Найважливішими показниками оцінювання ступеню забрудненості ґрунтів важкими металами є (Прищепя А.М., 2021; Стернік, 2017):

- 1) коефіцієнт концентрації K_c ;
- 2) сумарний показник забруднення Z_c .

Коефіцієнт концентрації K_c розраховують за формулою:

$$K_c = \frac{C_i}{C_\phi}, \text{ або } K_c = \frac{C_i}{\text{ГДК}}, \quad (2.1)$$

де, C_i – фактичний вміст і-го елемента, мг/кг.; C_ϕ – фоновий вміст і-го елемента, мг/кг;

ГДК – гранично допустима концентрація забруднюючої речовини в ґрунті, мг/кг. У наказі №1595 Міністерства охорони здоров'я України можна переглянути затверджені гігієнічні регламенти допустимого вмісту хімічних речовин у ґрунтах, що відображені у додатку Б (Про затвердження Гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних речовин у ґрунті, 2020).

Сумарний показник забруднення Z_c розраховують за формулою:

$$Z_c = \sum K_c - (n - 1), \quad (2.2)$$

де, n – кількість хімічних елементів.

За сумарним показником забруднення визначають категорії забруднення ґрунтового покриву, що наведені у таблиці 2.1, яку запропонували використовувати Яцук, Стернік та інші науковці (Яцук, Балюк, 2019; Стернік, 2017).

Таблиця 2.1

Визначення ступеня техногенного забруднення земель за сумарним показником

Категорія забруднення ґрунтів	Значення Z_c	Зміни показників здоров'я населення в осередках забруднення
«Допустима»	< 16	Майже відсутні захворювання у дітей і незначна кількість прояву дисфункцій систем і органів
«Помірно небезпечна»	16-32	Збільшення кількості загальних захворювань серед населення
«Небезпечна»	32-128	Зростання кількості хворих дітей на хронічні захворювання та випадків порушень функціонального стану серцево-судинної системи.
«Надзвичайно небезпечна»	> 128	Високий рівень захворюваності у дітей, значні порушення репродуктивних функцій у жінок, а саме: зростання кількості передчасних пологів, мертвонароджених дітей тощо.

Досить популярним ще є **показник накопичення забруднення PLI (Pollution Load Index)**, запропонований Томлінсоном та співавторами (Tomlinson et al., 1980). Цей показник розраховується як середнє геометричне коефіцієнтів концентрації n важких металів (K_c , $i = 1 \dots n$), де K_c i -го металу – це співвідношення вмісту металу в зразку до фонового вмісту, n – кількість металів:

$$PLI = \sqrt[n]{K_{c1} * K_{c2} * \dots * K_{ci}} \quad (2.3)$$

PLI демонструє, у скільки разів концентрація важких металів у ґрунті перевищує фонову. Значення $PLI > 6$ показує, що ґрунти дуже сильно забруднені, $3 < PLI < 6$ – значно забруднені, помірно забруднені ґрунти мають PLI від 1 до 3, про відсутність забруднення свідчить $PLI < 1$ (Tomlinson, 1980; Yakovyshina, 2016).

2.3. Застосування технологій ГІС для моніторингу забруднення ґрунтів важкими металами

У літературі про ГІС можна зустріти різні терміни для подання даних: візуалізація, інфографіка, таблиці, графік, діаграма, схеми, карта, картограма, картодіаграма тощо. Розглянемо кілька методів візуалізації кількісних даних.

Метод градуйованих символів. Метод відображення за допомогою градуйованих символів – один із простіших, що використовуються для представлення кількісної інформації. При застосуванні цього методу кількісні значення групуються в упорядковані класи. У межах класу всі просторові об'єкти відображено однаковим символом. Кожному класу призначається градуйований символ у порядку від меншого до більшого (*Применение Градуированных символов*).

Метод градуйованих кольорів. Метод відображення за допомогою градуйованих кольорів використовуються для представлення кількісної інформації, особливо для полігональних класів просторових об'єктів. При застосуванні цього кількісні значення групуються в упорядковані класи. У межах класу всі об'єкти відображаються однаковим кольором. Кожному класу призначається градуйований колір на основі вибраної колірної схеми (*Применение Градуированных цветов*).

Застосування градуйованих кольорів буває корисним при відображенні класів значень і наскільки далеко від середнього або медіани розташовуються ці значення.

Метод візуалізації кількісних даних за допомогою діаграм

За визначенням В. Зацерковного, діаграма є візуальним представленням, в якому числові дані відображаються за допомогою геометричних фігур. Видів діаграм дуже багато. Розглянемо найбільш уживані в ГІС (*Зацерковний та ін., 2016*).

Найпростішим та найпоширенішим типом графіків, які використовуються для відображення одновимірних даних є стовпчикові діаграми. Вони представляють дані у вигляді вертикальних стовпчиків або прямокутників однакової ширини, розташованих на осі абсцис. Загальна кількість стовпчиків дорівнює кількості порівнюваних об'єктів. Порівнювані об'єкти розташовують на графіку зазвичай за ранжиrom: за зменшенням/збільшенням показника (Зацерковний та ін., 2016).

Для статистичного дослідження складу певної сукупності використовують **структурні діаграми** – діаграми співвідношення питомої ваги, що характеризують відношення окремих частин сукупності в загальному їх об'ємі. Такі діаграми поділяються на секторні, стовпчикові, стрічкові (Зацерковний та ін., 2016).

Секторні діаграми (рис. 2.1) – це графічне представлення, в якому круг поділяється радіусами на окремі сектори, кожен з яких відображає кількість або частку різних ознак або категорій даних.

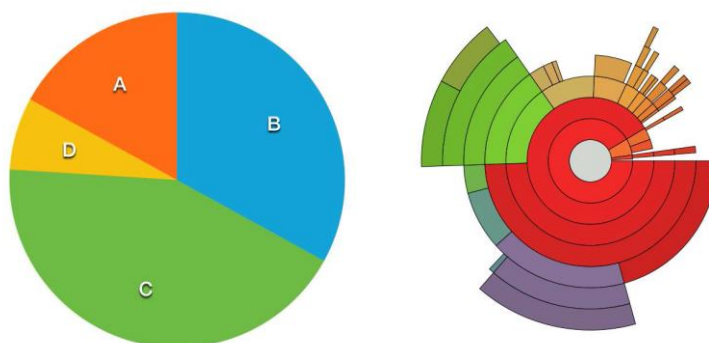


Рис. 2.1 – Секторні діаграми (Зацерковний та ін., 2016)

Секторні діаграми доречно використовувати, коли досліджувана сукупність поділяється не більше ніж на п'ять-шість частин, і описує помітні структурні зрушення. При незначних змінах структури рекомендовано застосовувати інші діаграми: стовпчикові, стрічкові тощо. Також це стосується тих випадків, якщо вхідні дані розділені більше ніж на 6 секторів (Зацерковний та ін., 2016).

Для зображення варіаційних рядів розподілу в декартовій системі координат найпоширенішими діаграмами виступають лінійні та площинні.

Полігон розсіювання – це замкнений багатокутник, в якому горизонтальна вісь вершини є значенням варіаційної ознаки, а вертикальна вісь - відповідною частотою чи темпом. Полігон розсіювання застосовується для дискретної варіації.

Для безперервної варіації характерно візуалізувати вхідних дані через інтервали за допомогою гістограми, в якій для осі абсцис позначають межі цих інтервалів, а на осі ординат – частоти або частки (*Зацерковний та ін., 2016*).

Метод інтерполяції даних

Вимірювання висоти, величини або концентрації для об'єктів і явищ, що спостерігаються, в кожній точці досліджуваної території, як правило, важко або дуже дорого. Натомість, можна виміряти показники в стратегічно правильно розподілених по поверхні опорних точках і спрогнозувати значення, які можуть бути присвоєні решті всіх положень. Вхідні точки можуть бути розташовані або регулярною сіткою, або випадковим чином (*Обзор группы инструментов «Интерполяция растра»*).

Інтерполяція – методика ГІС, що широко використовується, для створення безперервної поверхні з дискретних точок. Багато реальних явищ у світі є безперервними: висоти, ґрунти, температури. Якщо нам потрібно змодельювати ці поверхні для аналізу, неможливо провести вимірювання по всій поверхні. Інструменти інтерполяції поверхні на підставі вимірювань в опорних точках прогнозують значення для всіх місць у вихідному наборі растрових даних, незалежно від того, виконувалося в цій точці вимірювання чи ні. Отже, польові виміри проводяться у різних точках поверхні, а проміжні значення розраховуються у процесі під назвою «інтерполяція» (*Dobesch et al., 2007*).

Існує цілий ряд способів отримати для кожної точки прогнозоване значення; кожен метод сприймається як модель. Для кожної моделі існує цілий ряд припущень, що впливають із даних; деякі моделі краще підходять для конкретних типів даних - наприклад, одна модель може краще, ніж інша, враховувати локальні зміни (*Обзор группы инструментов «Интерполяция растра»*).

Кожна модель прогнозує значення з використанням різних обчислень. Інструменти інтерполяції зазвичай поділяються на **детерміновані та геостатистичні методи**.

Детерміновані методи інтерполяції надають значення місцезнаходженням, на основі вимірювань поблизу точки, що інтерполюється, і на заданих математичних формулах, які визначають згладженість результуючої поверхні.

Геостатистичні методи ґрунтуються на автокореляційному аналізі, який використовується для опису статистичних моделей. Внаслідок цього геостатистичні методи не тільки мають можливість створювати поверхню прогнозованих значень, а також надають деякі виміри достовірності або точності прогнозованих значень. (*Обзор группы инструментов «Интерполяция растра»*).

РОЗДІЛ 3. ОЦІНКА СТАНУ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ м. РІВНЕ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕХНОЛОГІЙ ГІС

3.1. Аналіз основних показників забруднення ґрунтового покриву міста Рівне важкими металами

Вихідними матеріалами для комплексної оцінки стану забруднення ґрунтового покриву стали лабораторні дані вмісту валової та рухомої форми важких металів та відповідних до них коефіцієнтів концентрації, які були обчислені у відділу інструментально–лабораторного контролю Державної екологічної інспекції Поліського округу.

Кількісний аналіз забруднення ґрунту проведений за наступними хімічними елементами: купрум (Cu), кобальт (Co), манган (Mn), кадмій (Cd), свинець (Pb), нікель (Ni), хром (Cr) та цинк (Zn). Визначення вмісту ВМ і елементів забруднювачів у ґрунті проводилось методом атомно-абсорбційної спектрометрії на приладі С 115 М-1 для валової і рухомої форми. Рухома форма ВМ вилучалися ацетатно-амонійним буферним розчином з рН 4,8. Валова форма вилучалися концентрованою азотною кислотою. Контроль зразків ґрунту проводився у відділі інструментально-лабораторного контролю Державної екологічної інспекції Поліського округу.

Для проведення моніторингу ґрунтів на території м. Рівне було обрано 5 ключових ділянок (тест–полігонів), межі яких були виділені у дослідженні В. Стернік (*Стернік, 2017*). Тест-полігони охоплюють усі райони міста. На кожному тест–полігоні відібрано по 10 проб (*Siaska et al., 2022*) Зразки ґрунту відбирались відповідно до вимог відбирання проб щодо забрудненості ґрунту (*ДСТУ ISO 10381-1:2004*).

Показники забруднення важкими металами в межах м. Рівне наведено на рисунках 3.1, 3.2.

OBJEKTID	ID	X	Y	Val form Cd	Val form Co	Val form Mn	Val form Cu	Val form Ni	Val form Pb	Val form Cr	Val form Zn	Kc val Cd	Kc val Co	Kc val Mn	Kc val Cu	Kc val Ni	Kc
1	50 644313	26 268957	0.49	6.42	241.76	18.71	12.15	23.42	11.59	48.74	1.53	6.17	2.67	15.86	4.61	8.12	0
2	50 642293	26 275109	0.36	5.49	248.76	14.67	11.18	21	10.01	46.88	1.13	5.28	2.75	12.43	4.22	4.22	0
3	50 642035	26 276943	0.68	7.64	264.75	12.43	11.63	13	13.86	0	2.13	4.36	2.93	10.53	4.29	4.29	0
4	50 64597	26 27652	0.58	4.1	228.35	12.31	11.06	13.8	13.46	46.02	1.54	4.35	6.22	8.13	4.22	4.22	0
5	50 632696	26 276312	0.56	3.8	216	7.9	9.6	11.2	12.6	0	1.75	3.65	2.39	6.69	3.54	3.54	0
6	50 642694	26 26225	0.49	4.08	241.06	12.08	8.5	17.96	9.64	29.87	1.55	4.4	2.88	9.43	3.43	3.43	0
7	50 645721	26 257424	0.39	4.52	233.91	13.18	4.69	27.18	6.3	26.06	0.01	4.35	2.59	11.17	1.73	1.73	0
8	50 638731	26 269307	0.41	4.89	238.05	13.86	9.13	13.75	9.85	28.09	1.58	4.78	2.54	11.05	4.75	4.75	0
9	50 606215	26 283573	0.2	4.71	269.58	9.62	8.63	8.75	8.48	41.29	0.63	4.53	2.98	8.15	3.18	3.18	0
10	50 609668	26 289961	0.18	4.28	240.43	10.32	9.06	9.26	8.03	27.88	0.56	4.12	2.66	8.75	3.34	3.34	0
11	50 612088	26 319972	0.29	2	196	7.1	6.2	11.9	6.9	0	0.91	1.92	2.17	6.02	2.29	2.29	0
12	50 605119	26 288649	0.68	4.03	264.25	6.43	9.28	13.4	7.55	0	2.13	3.88	2.92	5.45	3.42	3.42	0
13	50 608664	26 291931	0.26	4.75	232.45	7.79	9.67	7.19	8.06	24.55	0.81	4.57	2.57	6.6	3.57	3.57	0
14	50 603821	26 279464	0.38	3.76	210.73	7.58	7.01	8.34	7.44	26.91	0.55	3.95	2.7	6.5	3.05	3.05	0
15	50 622367	26 278359	0.34	4.11	231.58	8.01	8.11	9.73	7.88	28.34	0.57	4.12	2.91	8.07	3.34	3.34	0
16	50 621787	26 281135	0.31	2.98	249.63	8.34	9.96	9.86	7.96	26.74	0.57	3.04	2.84	8.24	2.97	2.97	0
17	50 598516	26 286221	0.4	3.99	211.44	8.64	9.02	10.83	8.01	27.9	0.82	4.15	2.5	8.4	2.34	2.34	0
18	50 613291	26 317635	0.28	4.12	224.36	7.93	8.49	11.25	8.12	27.34	0.74	4.25	2.49	6.95	3.15	3.15	0
19	50 632253	26 295306	0.54	2.75	194.5	15.6	9.4	20.35	6.9	0	1.69	0.92	2.15	13.22	3.47	3.47	0
20	50 635476	26 296376	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	50 644391	26 215158	0.017	3.82	204.78	12.23	7.14	6.66	7.54	28.09	0.05	1.27	2.27	10.36	2.63	2.63	0
22	50 643089	26 211337	0.024	4.34	207.29	13.01	8.44	9.13	8.12	27.73	0.11	2.6	2.3	9.64	3.98	3.98	0
23	50 615826	26 20022	0.152	2.61	170.24	5.85	3.91	8.33	5.79	18.95	0.47	0.87	1.88	4.96	1.44	1.44	0
24	50 599211	26 170047	0.34	5.35	263.64	8.4	9.2	15.75	9.77	29.06	1.06	1.78	2.92	7.12	3.39	3.39	0
25	50 607798	26 19573	0.23	2.89	205.84	10.68	6.93	17.96	6.13	9.47	1.05	1.33	2.22	10.58	3.08	3.08	0
26	50 620539	26 198271	0.19	4.13	215.97	12.37	8.74	10.15	7.93	11.63	0.72	1.62	1.9	8.73	3.5	3.5	0
27	50 638719	26 201127	0.26	3.63	203.78	14.7	4.65	12.37	7.74	20.75	0.68	1.45	2.15	10.05	2.76	2.76	0
28	50 631882	26 201784	0.095	2.87	254.19	7.92	9.05	8.79	8.56	21.34	0.5	0.98	1.88	5.18	3.08	3.08	0
29	50 612716	26 207039	0.183	3.25	260.38	9.14	6.78	17.68	9.03	28.57	0.93	1.13	2.34	6.75	2.15	2.15	0
30	50 601985	26 177049	0.31	4.01	237.42	6.24	7.43	14.24	8.32	28.05	0.84	1.64	2.62	7.32	3.39	3.39	0
31	50 593459	26 258996	0.74	2.36	61.12	11.88	2.98	14.12	9.78	30.11	2.31	0.79	0.68	10.07	1.11	1.11	0
32	50 603924	26 236345	0.21	3.93	222.23	11.41	7.76	33.84	15.44	43.52	0.66	1.31	2.46	9.67	2.85	2.85	0
33	50 602784	26 230317	0.57	4.36	217	1.34	10.35	11.8	8.45	0	1.78	1.45	2.4	8.73	3.23	3.23	0
34	50 60188	26 243016	0	0	537	12	19	10	0	0	0	0	5.94	10.17	7.01	7.01	0
35	50 606864	26 232935	0.8	3.8	219	24.45	11	29.7	12.65	0	2.5	1.27	2.42	20.7	4.06	4.06	0
36	50 609991	26 228706	0.63	3.77	101.13	13.43	5.87	30.92	5.45	38.24	1.75	0.69	2.15	10.34	1.94	1.94	0
37	50 588762	26 259498	0.45	2.84	189.42	12.6	9.14	17.68	9.68	51.19	1.9	1.25	2.68	9.15	2.06	2.06	0
38	50 604915	26 238904	0.71	3.03	263	18.93	12.74	21.36	11.32	30.74	1.34	1.18	1.15	15.72	6.08	6.08	0
39	50 600423	26 238828	0.54	3.89	187.13	16.54	16	23.42	10.24	58.92	1.06	0.94	2.36	12.06	4.15	4.15	0
40	50 598747	26 230714	0.32	4.01	204.59	15.78	17.43	19	10.79	44.15	1.81	0.88	2.4	11.32	3.84	3.84	0
41	50 613556	26 249746	0.11	2.5	142.09	9.01	3.74	14.15	4.61	43.14	0.34	0.83	1.57	7.64	1.38	1.38	0
42	50 616281	26 258314	0.32	0.76	90.41	1.19	2.71	2.81	1.86	3.02	0.27	0.37	1.72	0.7	0.7	0.7	0
43	50 628497	26 230717	0.94	2.77	182.65	26.07	5.33	18.78	6.49	36.81	2.94	0.92	2.02	22.09	1.97	1.97	0
44	50 610717	26 243901	0.1	3.21	130.65	7.05	5.77	7.6	4.49	11.72	0.56	1.07	1.45	5.97	2.13	2.13	0
45	50 614019	26 233305	0.63	4.05	192.5	9.65	9.8	9.3	11.35	0	1.97	1.35	2.13	8.18	3.62	3.62	0

Рис. 3.1 – Атрибутивна таблиця даних забруднення важкими металами валової форми в межах м. Рівне (розроблена автором у середовищі ArcMap)

Ruh form Cd	Ruh form Co	Ruh form Mn	Ruh form Cu	Ruh form Ni	Ruh form Pb	Ruh form Cr	Ruh form Zn	Kc ruh Cd	Kc ruh Co	Kc ruh Mn	Kc ruh Cu	Kc ruh Ni	Kc ruh Pb	Kc ruh Cr	Kc ruh Zn	Kc
0.12	0.91	22.27	0.84	1.63	1.12	0.65	8.61	0.48	0.88	0.41	1.95	1.3	1.02	1.02	8.12	0
1.41	99.56	0.79	1.13	1.31	0.26	6.25	6.25	1.77	0.65	1.77	0.9	1.19	0.24	5.9	1.9	0
0.02	1.2	35.84	0.65	0.63	2.17	0.47	2.03	0.08	1.15	0.67	1.51	0.5	1.97	0.73	1.92	0
0.02	1.39	99.56	0.76	1.13	1.31	0.26	6.25	0.08	1.35	1.85	1.77	0.9	1.19	0.24	5.9	0
0.39	2.66	151.21	5.53	0	7.84	8.82	13.27	1.56	2.56	2.82	12.86	0	7.13	13.78	12.62	0
0.36	2.15	150	0.81	1.61	1.2	0.6	8.5	1.43	2.53	2.82	1.93	1.3	1.2	0.93	7.99	0
0.32	1.04	106.54	0.72	1.23	2.64	0.32	7.92	1.28	-1	1.98	1.67	0.98	2.4	0.5	7.47	0
0.33	1.01	108	0.74	1.17	1.16	0.5	6.02	1.28	0.92	1.95	1.75	0.95	1.99	0.72	5.76	0
0.19	1.15	28.03	0.54	1.25	1.2	0.27	4.15	0.76	1.11	0.52	1.26	1	1.09	0.42	3.92	0
0.13	0	168	0	0	6.48	0	0	0.52	0	3.13	0	0	0	5.89	0	0
0.24	1.4	82.42	0.7	1.76	0.45	2.44	1.05	0.96	1.35	1.53	1.63	1.41	1.15	1.52	0.99	0
0.06	0.57	23.36	0.31	0.03	0.65	0.34	2.07	0.24	0.55	0.43	0.72	0.02	0.59	0.53	1.95	0
0.39	0.09	16.46	0.22	0.07	0.46	0.17	1.32	1.56	0.09	0.31	0.51	0.06	0.42	0.27	1.25	0
0.25	1.16	29.05	0.5	1.26	0.5	0.28	4	0.96	1.11	0.62	1.26	-1	0.51	0.43	3.78	0
0.2	0.6	89.22	0.8	1.75	0.93	2.38	1.03	0.75	0.54	1.51	1.65	1.4	7.99	2.18	1.54	0
0.11	1.5	17.5	0.3	0.02	0.64	0.34	2.02	0.54	1.35	0.3	0.71	0.02	0.6	0.55	1.96	0
0.28	0.9	24.12	0.25	0.06	0.51	0.15	1.35	1.2	1	0.45	0.62	0.05	0.48	0.25	1.3	0
0.32	1.2	84.12	0.27	0.08	6.12	2.4	1.06	1.36	1.12	1.38	0.68	0.09	5.4	2.02	0.98	0
0.26	0.85	36.42	0.31	0.58	0.93	0.21	6.17	1.04	0.82	0.68	0.72	0.46	0.08	0.33	5.82	0
0.27	1.06	26.64	0.38	1.47	1.08	0.64	2.27	1.08	1.02	0.5	0.88	1.18	0.56	-1	2.14	0
0.8	0.98	34.92	0.32	0.21	1.13	0.87	2.59	3.2	0.94	0.65	0.74	0.17	1.03	1.36	2.44	0
0.8	0.98	34.92	0.32	0.21	1.13	0.87	2.59	3.15	0.94	0.65	0.74	0.17	1.03	1.36	2.44	0
0.31	0.95	20.76	0.28	0.17	0.33	0.21	1.16	1.24	0.85	0.39	0.65	0.14	0.31	0.33	1.89	0
0	3.75	184.55	0	0	11.03	0	0	0.96	3.61	3.44	13.67	5.15	10.03	10.69	19.19	0
0.15	0.07	36.42	0.3	0.59	0.91	0.2	6.08	0.96	0.68	0.72	0.47	0.07	0.3	5.7	0	0
0.29	1.05	29.14	0.27	1.48	0.63	0.25	2.3	1.02	1.03	0.55	0.65	1.19	0.58	0.95	2.15	0
0.27	1.04	21.1	0.37	0.57	0.32	0.62	1.07	1.08	1.02	0.42	0.87	0.45	0.3	0.34</		

Як згадувалось раніше, щоб повністю оцінити стан забруднення ґрунтів важкими металами, необхідно вивчати як їхню валову форму, так і рухому.

Проаналізувавши вхідні дані (рис. 3.1, 3.2), дійшли висновку, що коефіцієнти концентрації важких металів валової форми, крім кадмію, перевищують фонові значення у декілька разів, а забруднення цинком у деяких точках відбору проб перевищує фонове значення у десятки разів.

Стосовно рухомої форми, то коефіцієнти концентрації важких металів майже не перевищують їх фонове значення, окрім купруму та цинку, в яких перевищення сягає десятків разів.

Для візуалізації розподілу коефіцієнтів концентрації важких металів були створенні відповідні карти із застосуванням методу інтерполяції даних (додаток В).

3.2. Розподіл вмісту валової та рухомої форми важких металів у ґрунтах в межах території міста Рівне з використання методу градуїованих кольорів

З метою аналізу вмісту валової та рухомої форми важких металів, було створено карти показників для кожного хімічного елемента обох форм. Для цього використовували метод градуїованих кольорів.

Для початку було створено полігональні об'єкти, які містять дані про середні значення валової/рухомої форми кожного важкого металу для тест-полігонів та дані про валову форму важких металів для 50 точок проб. Потім за допомогою методу градуїованих кольорів здійснено класифікацію вмісту валової/рухомої форми з поділом на 7 класів з використанням методу рівних інтервалів.

На рисунку 3.3 найвищі показники вмісту валової форми кадмію (0,67-0,94 мг/кг) спостерігаються в районі 43, 47, 35, 12, 31 та 3 точок проб. Найнижчі показники (0-0,26 мг/кг) – навколо 20-21, 41, 44 точок та у III тест-полігоні. Загалом, на території міста (I-II, IV-V тест-полігони) спостерігаються середні значення (0,27-0,538 мг/кг).

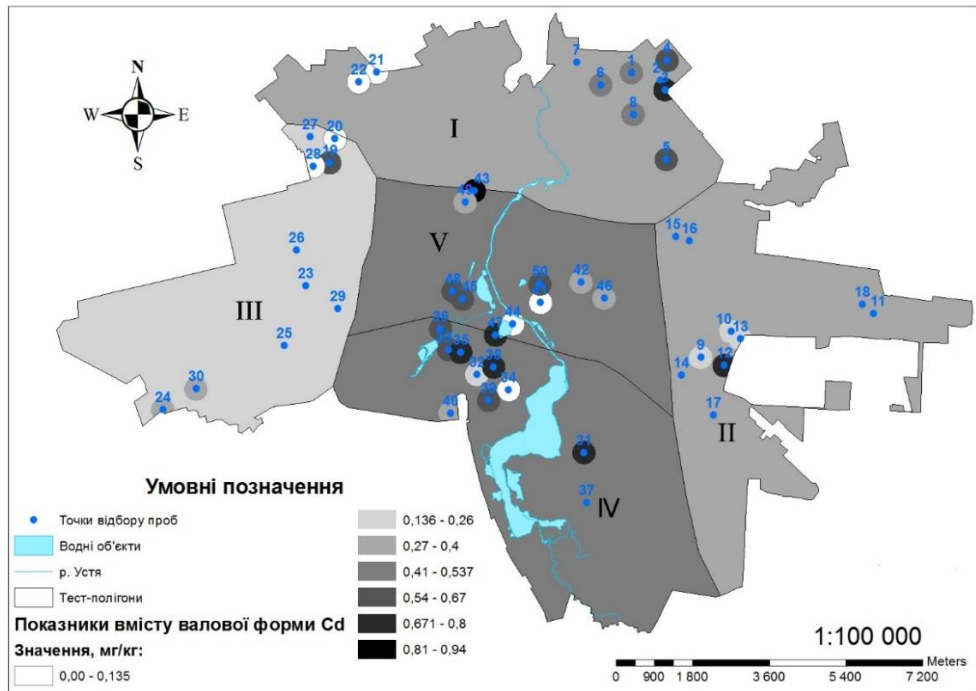


Рис.3.3 – Розподіл вмісту Cd валової форми у ґрунті (розроблена автором)

Для рухомої форми кадмію найвищі значення спостерігаються навколо 21-22 точок та у IV тест-полігоні (0,57-0,8 мг/кг). Найнижчі показники вмісту кадмію зафіксовані у II-III тест-полігонах та поодинокі – у I та V (0-0,23 мг/кг) (рис. 3.4).

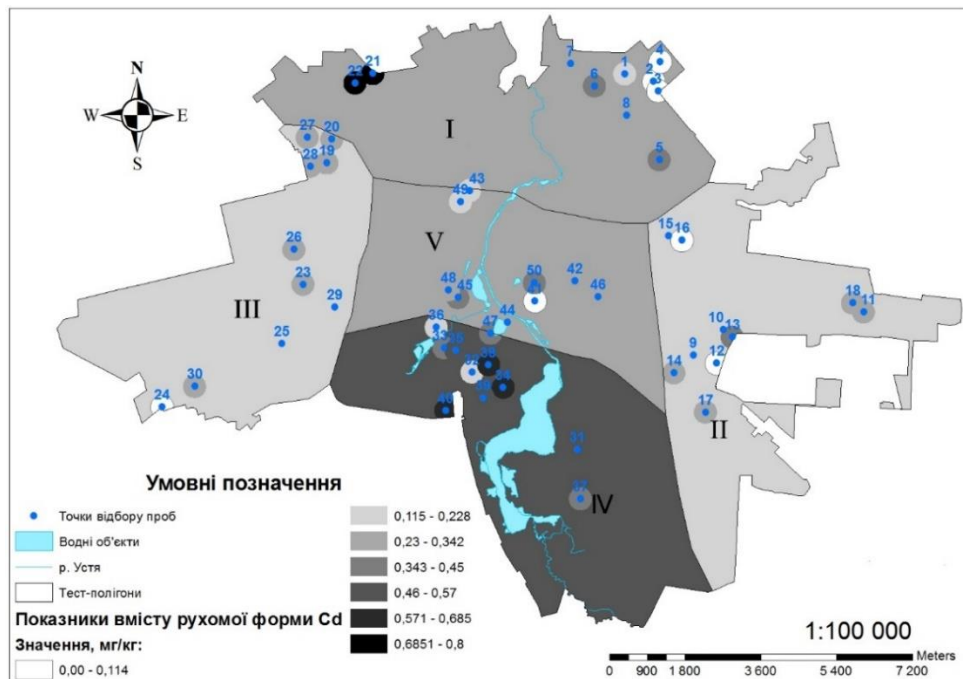


Рис.3.4 – Розподіл вмісту Cd рухомої форми у ґрунті (розроблена автором)

Вміст валової форми кобальту зображений на рисунку 3.5. На території міста здебільшого поширені середні значення (1,84-3,67 мг/кг).

Високі показники вмісту цього важкого металу визначено в усіх точках I полігону і поодинокі зустрічаються у решти тест-полігонах (4,59–6,42 мг/кг). Низькі значення (0-1,83 мг/кг) зосереджені навколо кількох точок (20, 34, 42, 46).

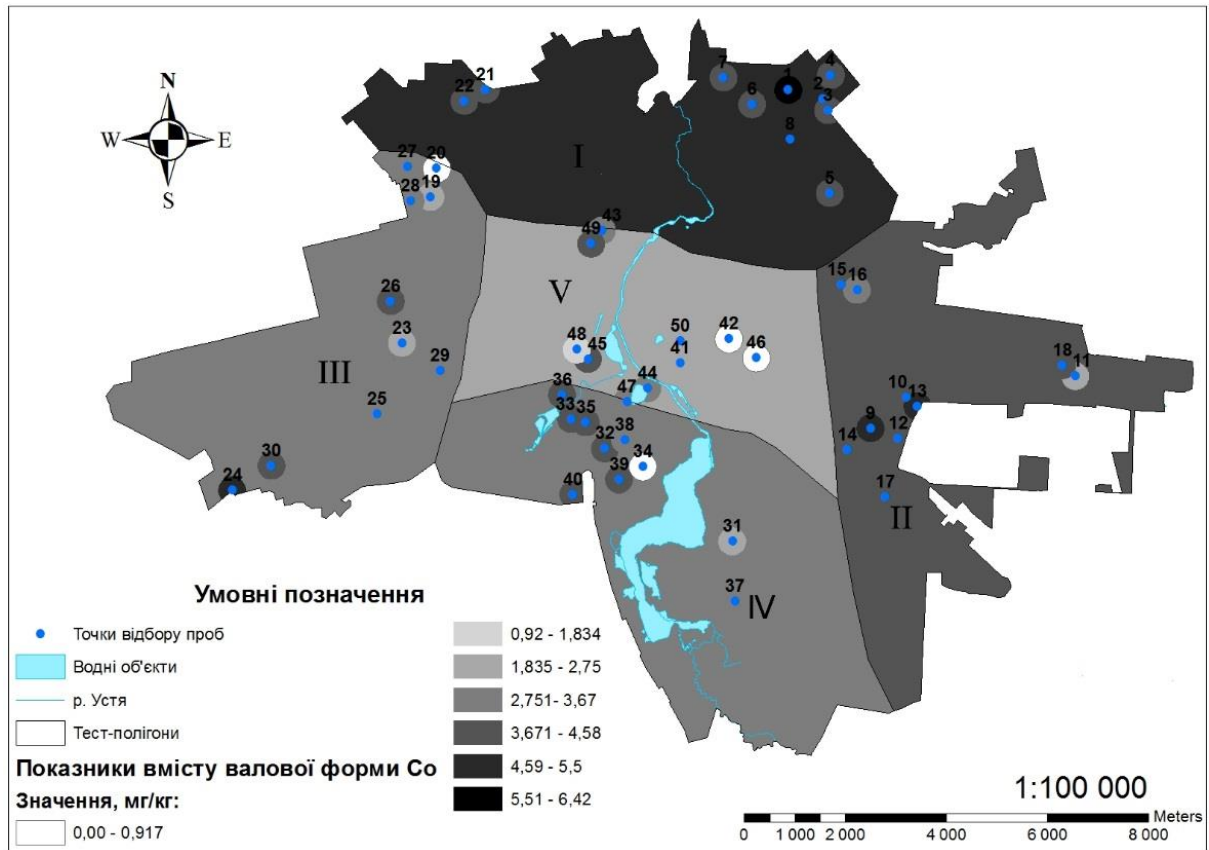


Рис.3.5 – Розподіл вмісту Co валової форми у ґрунті (розроблена автором)

Для рухомої форми кобальту найвищі значення фіксуються поодинокі у III-IV тест-полігонах (2,68-3,75 мг/кг).

Своєю чергою найнижчі показники (0-1,07 мг/кг) поширені у II тест-полігоні, поодинокі спостерігаються на території I та III полігонів, що відображено на рисунку 3.6.

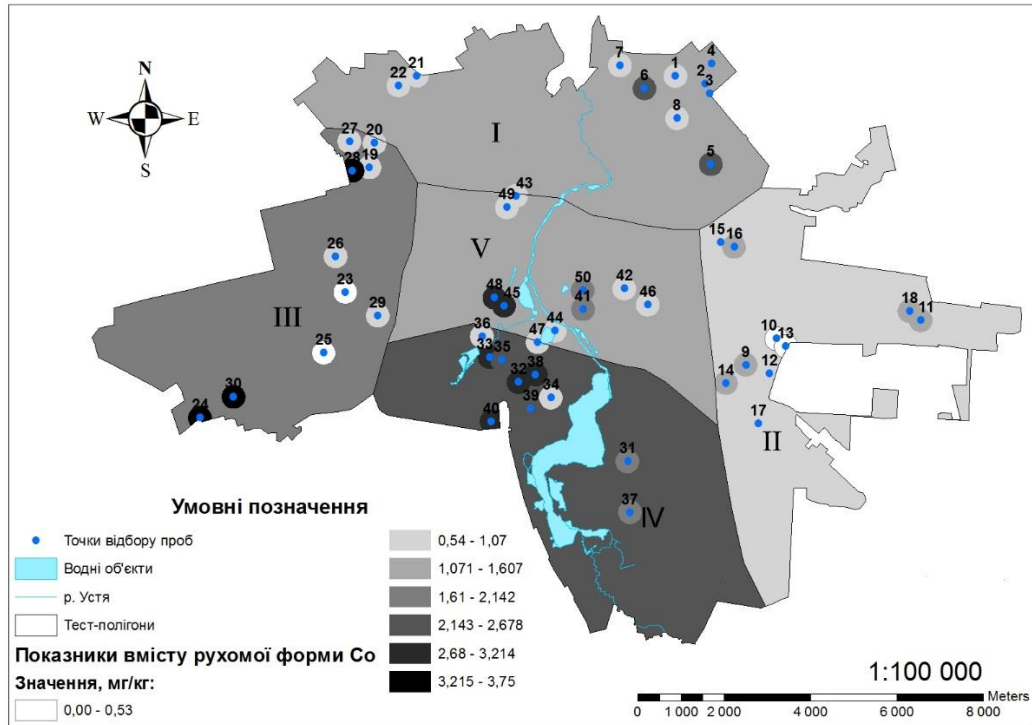


Рис.3.6 – Розподіл вмісту Pb рухомої форми у ґрунті (розроблена автором)

Розподіл вмісту мангану валової форми (рис. 3.7) у ґрунтах м. Рівне має рівномірний характер. Високі значення спостерігаються навколо 34 точки (460-537 мг/кг). Найнижчі показники (0-76,71 мг/кг) знаходяться поблизу 20 і 31 точки.

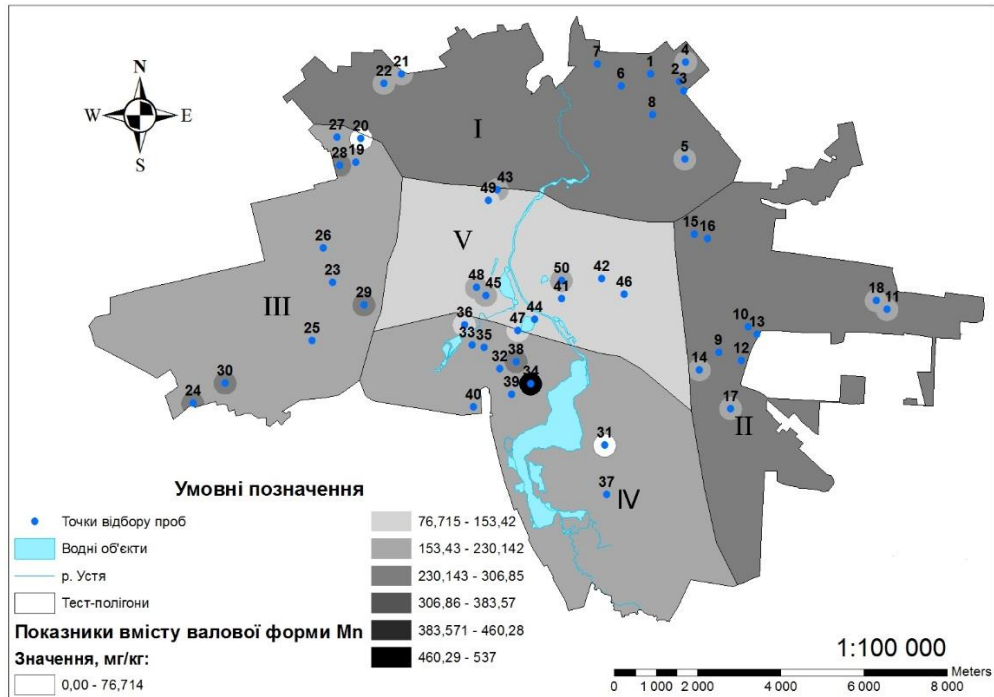


Рис.3.7 – Розподіл вмісту Mn валової форми у ґрунті (розроблена автором)

Високі показники рухомої форми мангану (136,52-184,55 мг/кг) візуалізуються у IV та поодинокі у решті тест-полігонах. Найнижчі значення в основному поширені у II-III та V тест-полігонах (16,46-64,48 мг/кг) (рис. 3.8).

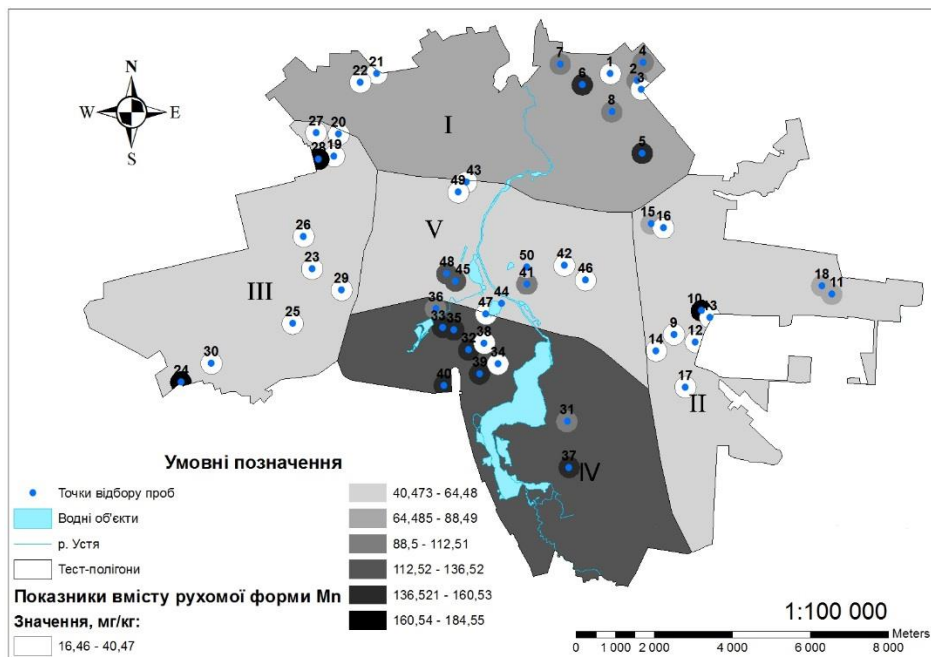


Рис.3.8 – Розподіл вмісту Mn рухомої форми у ґрунті (розроблена автором)

На території міста спостерігається рівномірний розподіл вмісту валової форми купруму. Найвищі показники (18,62-26,07 мг/кг) зосереджені поблизу 43, 35, 38 та 1 точок проб. Найнижчі показники (0-3,72 мг/кг) – поблизу 20 і 42 точок (рис. 3.9).

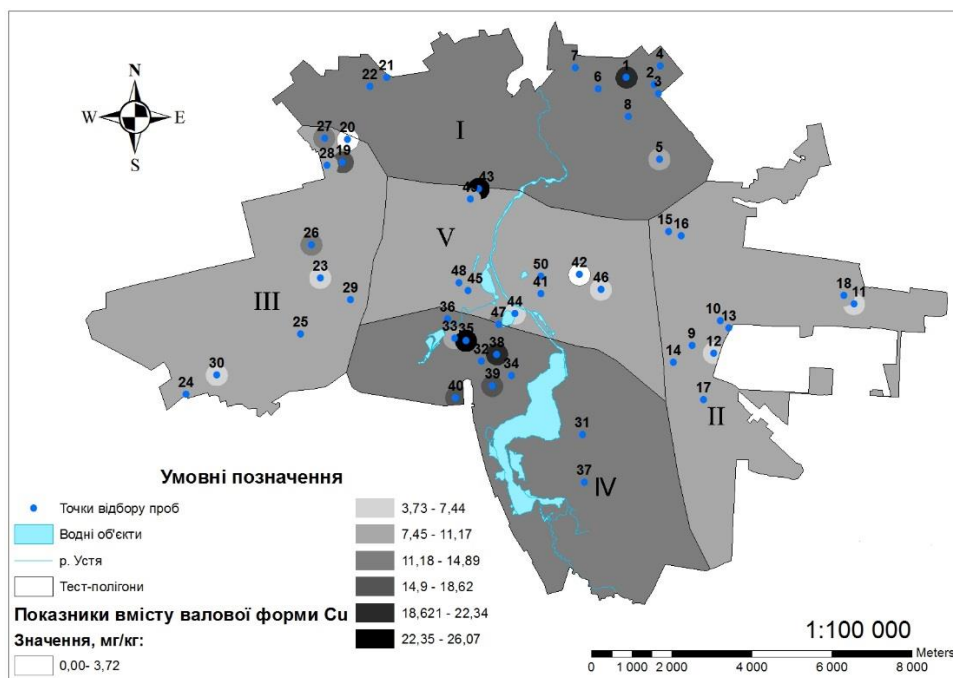


Рис.3.9 – Розподіл вмісту Cu валової форми у ґрунті (розроблена автором)

Рухома форма Cu (рис.3.10) характеризується низькими значеннями по всій території міста (0-2,44 мг/кг), окрім IV тест-полігону (4,89-7.33 мг/кг) та 45 і 39 точок (14,68-7.33 мг/кг).

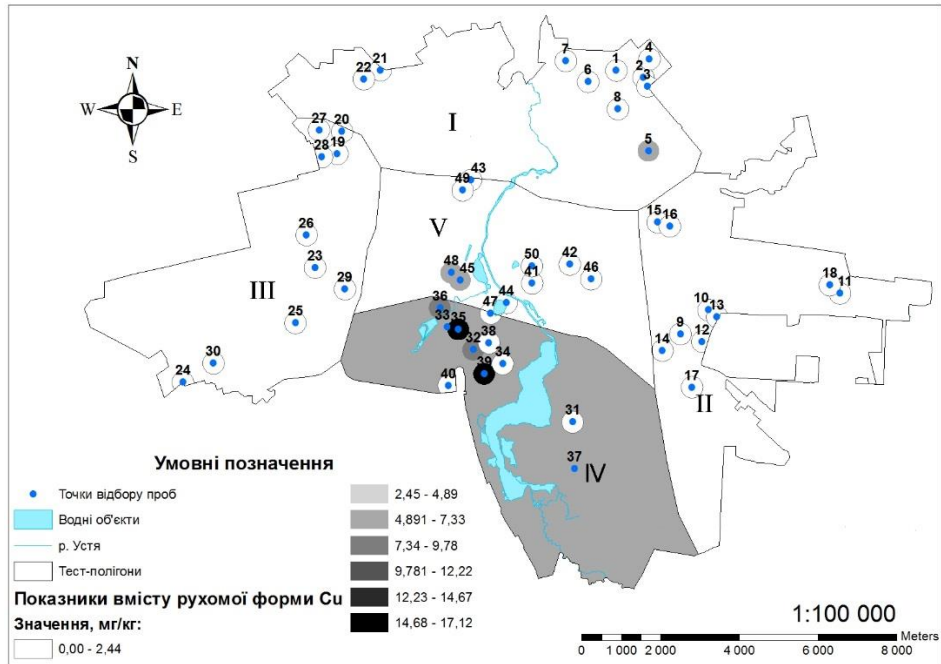


Рис.3.10 – Розподіл вмісту Cu рухомої форми у ґрунті (розроблена автором)

Вміст свинцю валової форми у ґрунтах відображено на рисунку 3.11. Найнижчі значення поодинокі зустрічаються у всіх тест-полігонах (0-9,66 мг/кг). Високі показники зосередженні у IV тест-полігоні (29-33,84 мг/кг).

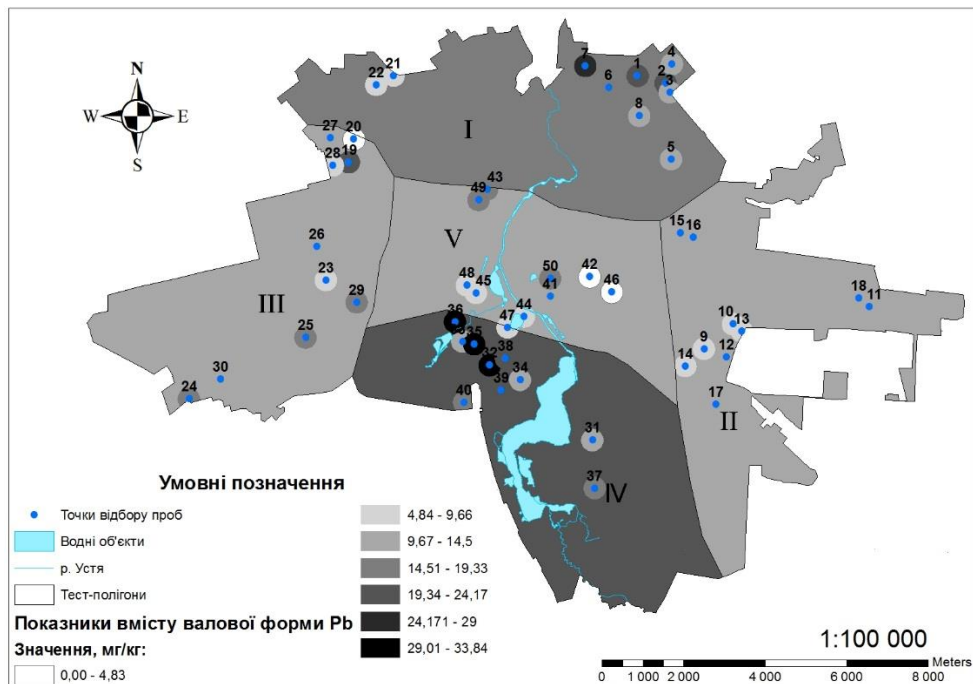


Рис.3.11 – Розподіл вмісту Pb валової форми у ґрунті (розроблена автором)

Для рухомої форми Pb (рис.3.12) низькі значення поширені по всій території міста (0-6,76 мг/кг), за винятком IV тест-полігона, де показники коливаються в межах значень 13,53-16,91 мг/кг та 30,3-23.68 мг/кг.

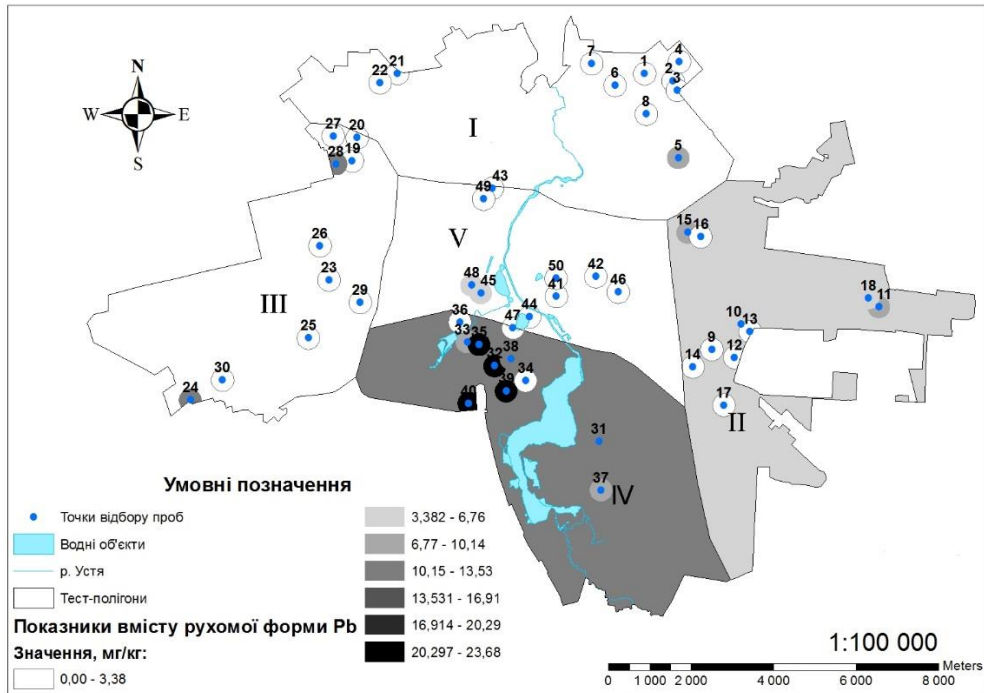


Рис.3.12 – Розподіл вмісту Pb рухомої форми у ґрунті (розроблена автором)

Розподіл валового вмісту нікелю (рис.3.13) у ґрунтах є рівномірним.

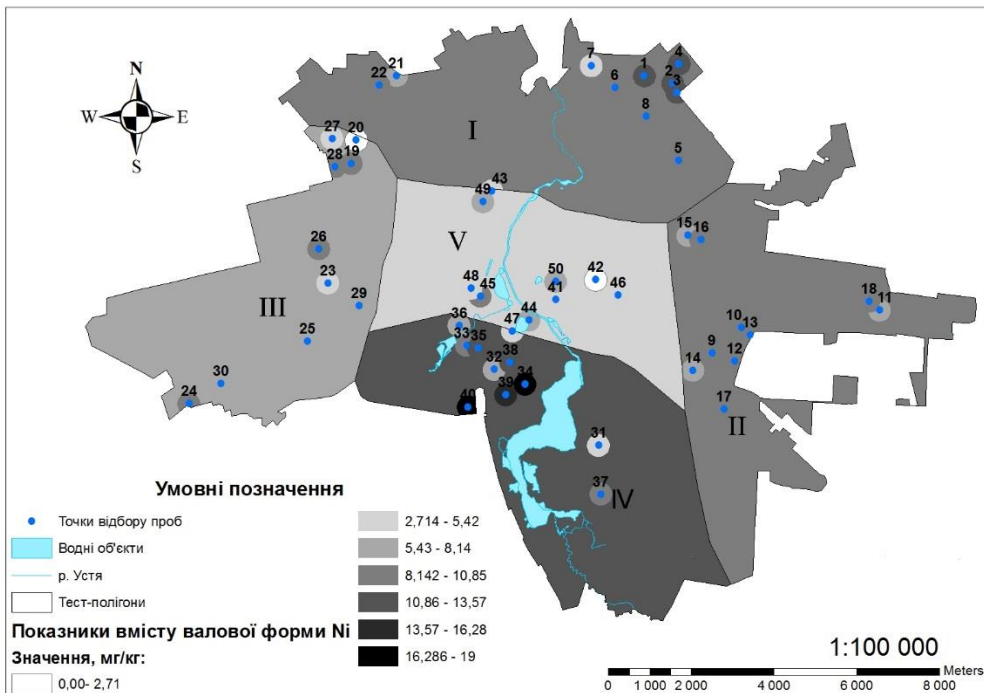


Рис.3.13 – Розподіл вмісту Ni валової форми у ґрунті (розроблена автором)

Високі значення вмісту Ni валової форми спостерігаються в 34 і 40 точках (16,29-19 мг/кг). Найнижчі показники (0-5,42 мг/кг) знаходяться навколо 20 і 31 точок та у V тест-полігоні.

Найнижчі показники вмісту рухомої форми нікелю (рис.3.14) спостерігаються повсюди, за винятком IV та деяких точок V тест-полігонів (5,51-7,7 мг/кг).

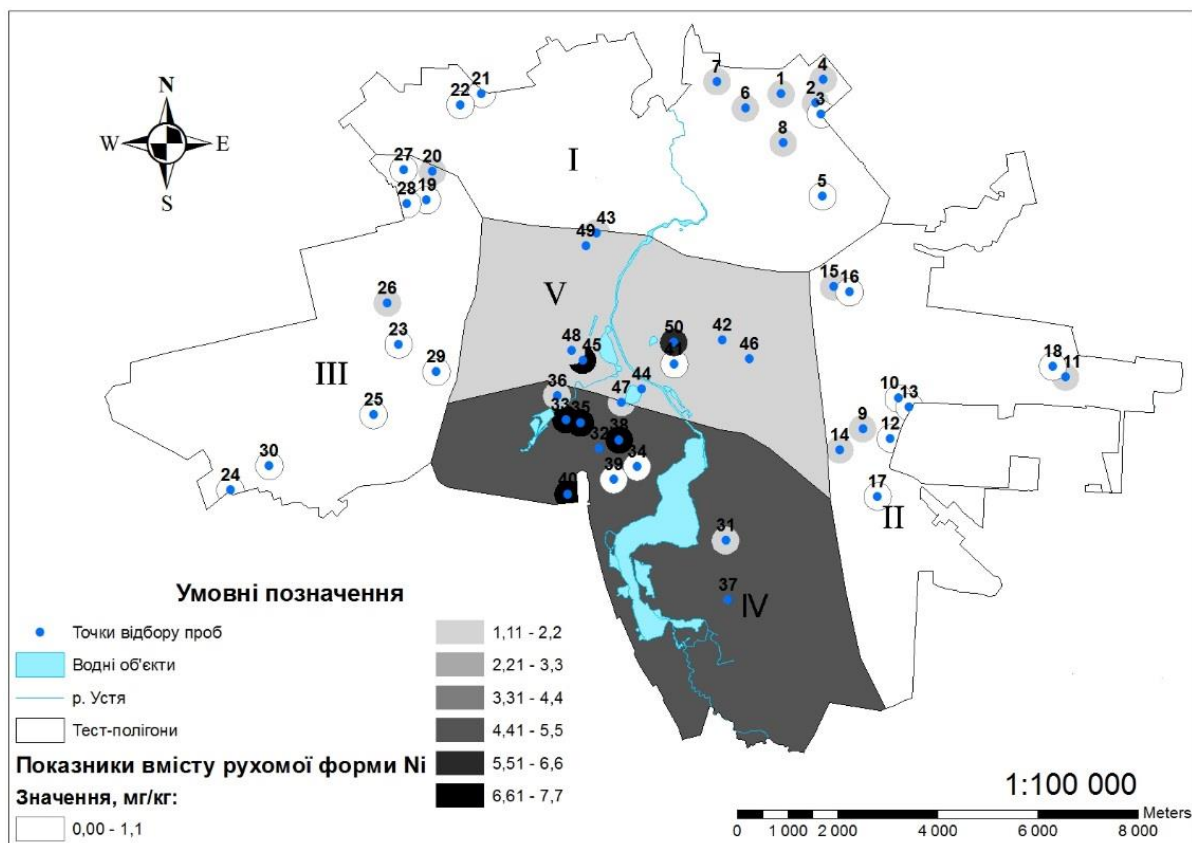


Рис.3.14 – Розподіл вмісту Ni рухомої форми у ґрунті (розроблена автором)

Вміст валової форми хрому (рис. 3.15) спостерігається в межах високих значень (8,82-15,44 мг/кг). Поодинокі трапляються точки з низькими показниками (0-2,2 мг/кг) – 20, 34, 42 і 46 точки відбору проб, які знаходяться в межах III – V тест-полігонів.

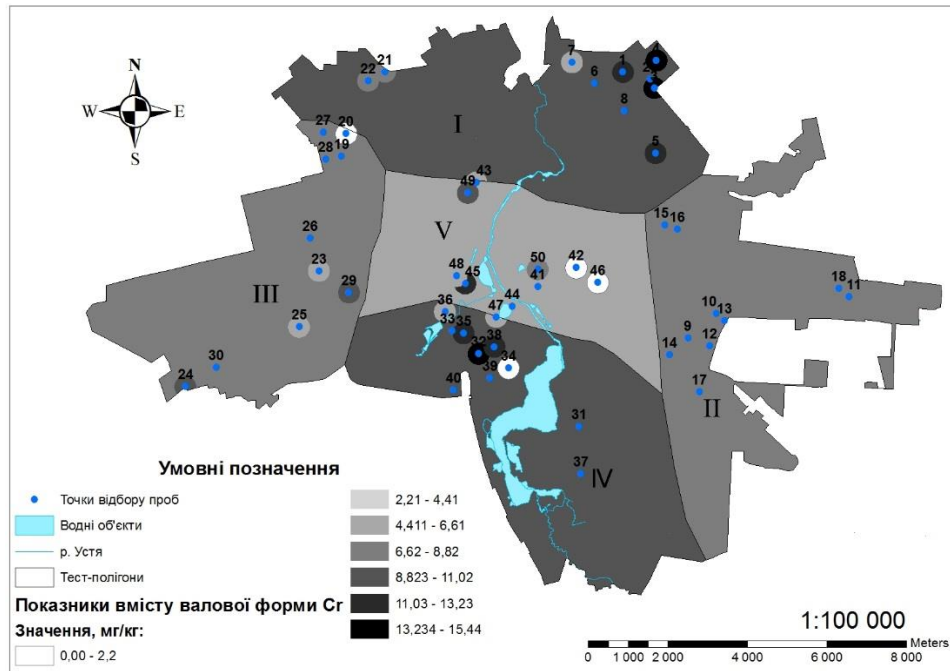


Рис.3.15 – Розподіл вмісту Cr валової форми у ґрунті (розроблена автором)

Для рухомої форми хрому (рис. 3.16) характерно, що високі показники вмісту зосереджені поодинокі у I, IV і V тест-полігонах (7,72-10,81 мг/кг). Середні значення (3,09-6,17 мг/кг) зустрічаються у IV-V тест-полігонах. На решті території – низькі показники (0-1,54 мг/кг).

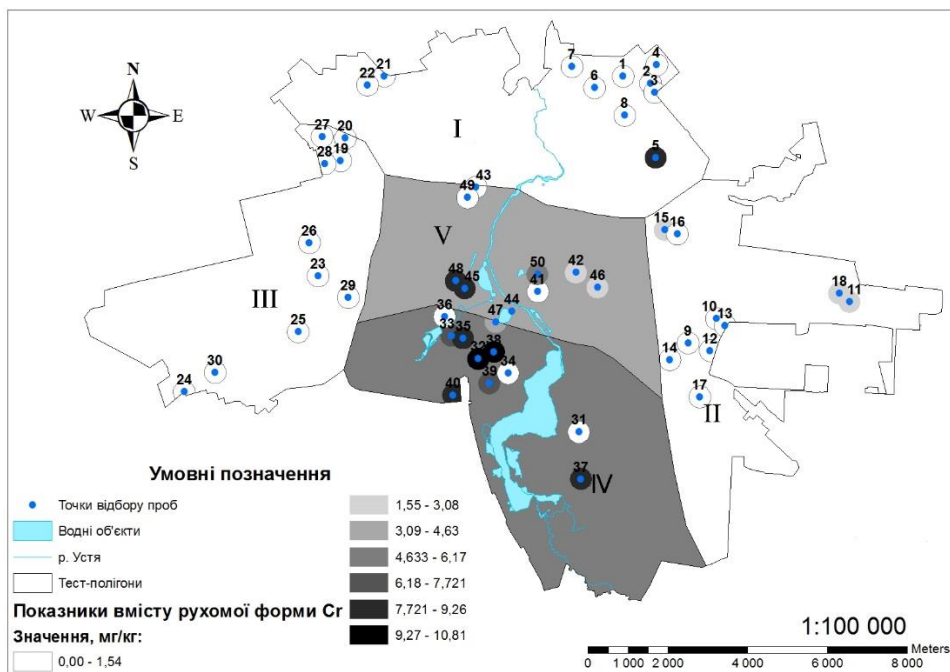


Рис.3.16 – Розподіл вмісту Cr рухомої форми у ґрунті (розроблена автором)

Розподіл валового вмісту цинку (рис.3.17) у ґрунтах м. Рівне має рівномірний характер. Високі значення спостерігаються навколо 34 і 39 точок (54,3-76 мг/кг). Найнижчі показники (0-21,71 мг/кг) поодинокі зустрічаються у всіх тест-полігонах.

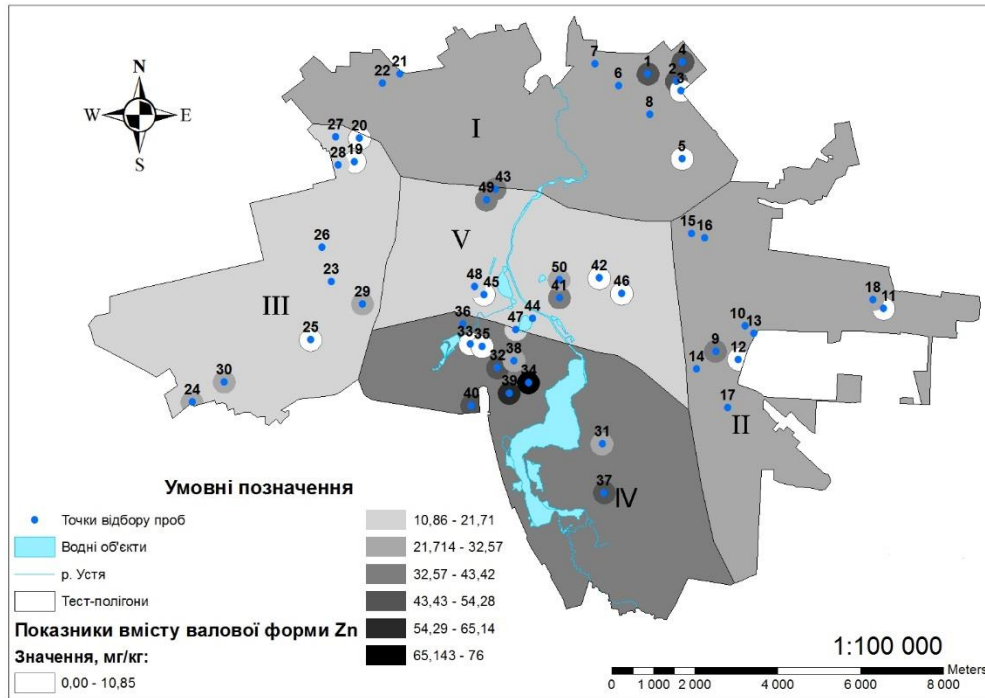


Рис.3.17 – Розподіл вмісту Zn валової форми у ґрунті (розроблена автором)

Стосовно рухомої форми Zn (рис. 3.18), то по всій території візуалізуються низькі показники його вмісту (0-4,25 мг/кг), крім 32 і 39 точок (26,11-30,46 мг/кг).

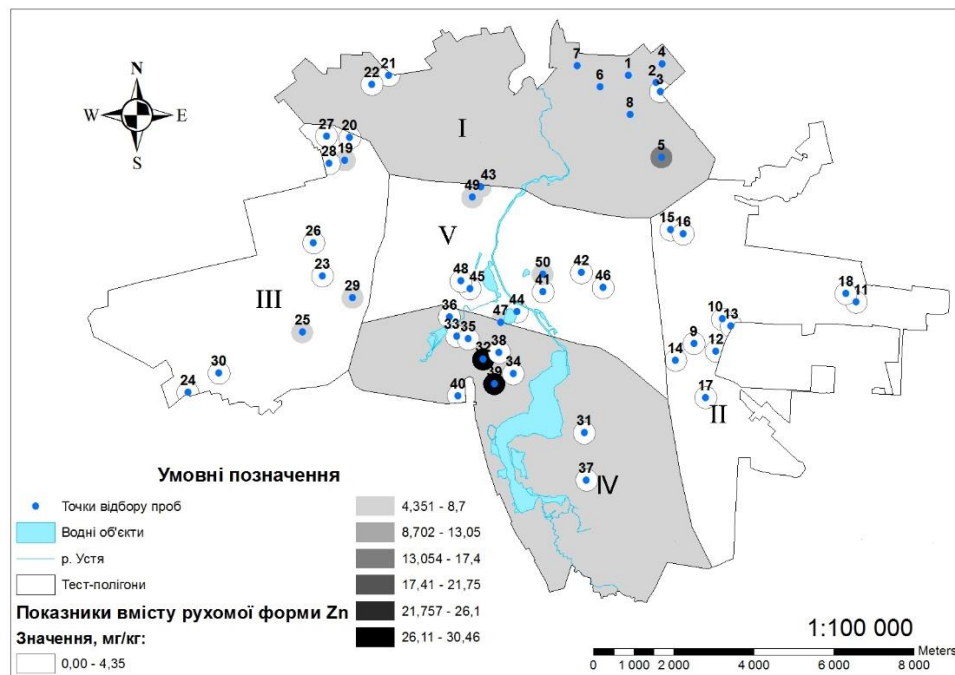


Рис.3.18 – Розподіл вмісту Zn валової форми у ґрунті (розроблена автором)

3.3. Моделювання поверхні забруднення ґрунтів важкими металами на основі сумарного показника забруднення з використанням методу інтерполяції

Для оцінки рівня забруднення ґрунтового покриву важкими металами валової та рухомої форми, було обчислено сумарні показники забруднення (Z_c) на основі вхідних даних про коефіцієнти концентрації у програмному середовищі Excel, з використанням формули 2.2 (рис. 3.19).

Точки відбору проб					
ID	X	Y	СПЗ val	СПЗ ruh	
1	50.644313	26.268957	54.54	8.18	
2	50.643293	26.275109	47.08	6.33	
3	50.642035	26.276043	33.63	1.53	
4	50.64597	26.27652	39.16	6.28	
5	50.632696	26.276312	28.05	46.23	
6	50.642694	26.2625	34.79	13.13	
7	50.645721	26.257424	34.54	10.28	
8	50.638737	26.269307	38.82	8.32	
9	50.606215	26.283573	34.81	3.08	
10	50.609668	26.289961	29.28	2.54	
11	50.612085	26.319972	10.58	11.68	
12	50.605119	26.288549	19.63	5.03	
13	50.608664	26.291931	26.14	3.47	
14	50.603821	26.279464	27.58	2.67	
15	50.622367	26.278359	27.1	10.02	
16	50.621787	26.281135	27.88	5.03	
17	50.598512	26.286221	30.85	3.35	
18	50.613291	26.317635	25.29	6.03	
19	50.632253	26.205306	25.4	2.95	
20	50.635476	26.206376	0	1.36	
21	50.644357	26.215158	25.3	3.53	
22	50.643089	26.211337	29.38	3.48	
23	50.615826	26.20022	14.96	3.19	
24	50.599211	26.170047	29.74	59.74	
25	50.607798	26.19573	29.82	1.96	
26	50.620539	26.198271	24.61	1.12	
27	50.635719	26.201127	24.16	3.48	
28	50.63182	26.201784	21.02	13.21	
29	50.612716	26.207039	27.38	3.49	
30	50.601985	26.177049	24.05	2.34	
31	50.593459	26.25896	23	81.61	
32	50.603924	26.236345	41.14	11.58	
33	50.60724	26.230317	20.77	41.34	
34	50.60188	26.243016	44.76	2.95	
35	50.606864	26.232935	35.94	79.36	
36	50.609991	26.228706	29.5	22.38	
37	50.586762	26.259498	33.9	40.51	
38	50.604917	26.239904	44.63	26.97	
39	50.600423	26.238828	46.92	94.37	
40	50.598747	26.230714	36.39	38.51	
41	50.613556	26.249746	26.56	5.923	
42	50.616281	26.258314	6.79	1.36	
43	50.628497	26.235787	45.3	7.39	
44	50.610717	26.243901	13.17	5.88	
45	50.614019	26.233305	13.62	34.36	

Рис. 3.19 – Атрибутивна таблиця сумарного показника забруднення валової та рухомої форми ВМ в середовищі ArcMap (розроблена автором)

Аналіз результатів дав змогу встановити категорії забруднення ґрунтів у м. Рівне важкими металами, які відповідають таблиці 2.1, а саме: «Допустима», «Помірно небезпечна», «Небезпечна» та «Надзвичайно небезпечна».

Таким чином, у м. Рівне більша частина місць відбору проб для валової форми (52 %) знаходиться у категорії «Помірно небезпечна» за значенням сумарного забруднення; 14 % проб належать до категорії «Допустимої». Також, є точки (34 %), які мають показники Z_c , що відповідають категорії «Небезпечна». Такі високі значення можуть бути обумовлені механічним складом ґрунтів, що здатні накопичувати важкі метали.

Стосовно рухомої форми ВМ, то переважна частина території знаходиться у «Допустима» категорії (74 %). Решта проб – 8 % та 18 %, знаходяться у категорії «Помірно небезпечна» та «Небезпечна» відповідно.

Для картографування забруднення ґрунтового покриву міста Рівне важкими металами валової форми в роботі використовувався один із методів інтерполяції, а саме **метод IDW – Inverse Distance Weighted (Зворотня Зважена Відстань)**. Метод інтерполяції IDW полягає в тому, що відбувається зважування точок таким чином, що вплив відомого значення точки згасає зі збільшенням відстані до невідомої точки, значення якої треба визначити.

Карта оцінки безпеки забруднення ґрунтів (рис. 3.20) відображає локалізацію важких металів валової форми за показником сумарного забруднення.

На створеній карті можна помітити, що «Помірно небезпечна» категорія забруднення ґрунтів займає більшу частину території міста, проте наявні й інші категорії, такі як: «Допустима» та «Небезпечна».

Зокрема, території забруднення з категорією «Небезпечна» спостерігаються поблизу підприємств ТОВ «Рівненський льонокомбінат», ПрАТ «Рівненська фабрика нетканих матеріалів», ТОВ Виробниче підприємство «Акватон», ТОВ «Високовольтний Союз – РЗВА», ТДВ «Рівнехолод», ПрАТ «Агроресурс» та навколо залізниці.

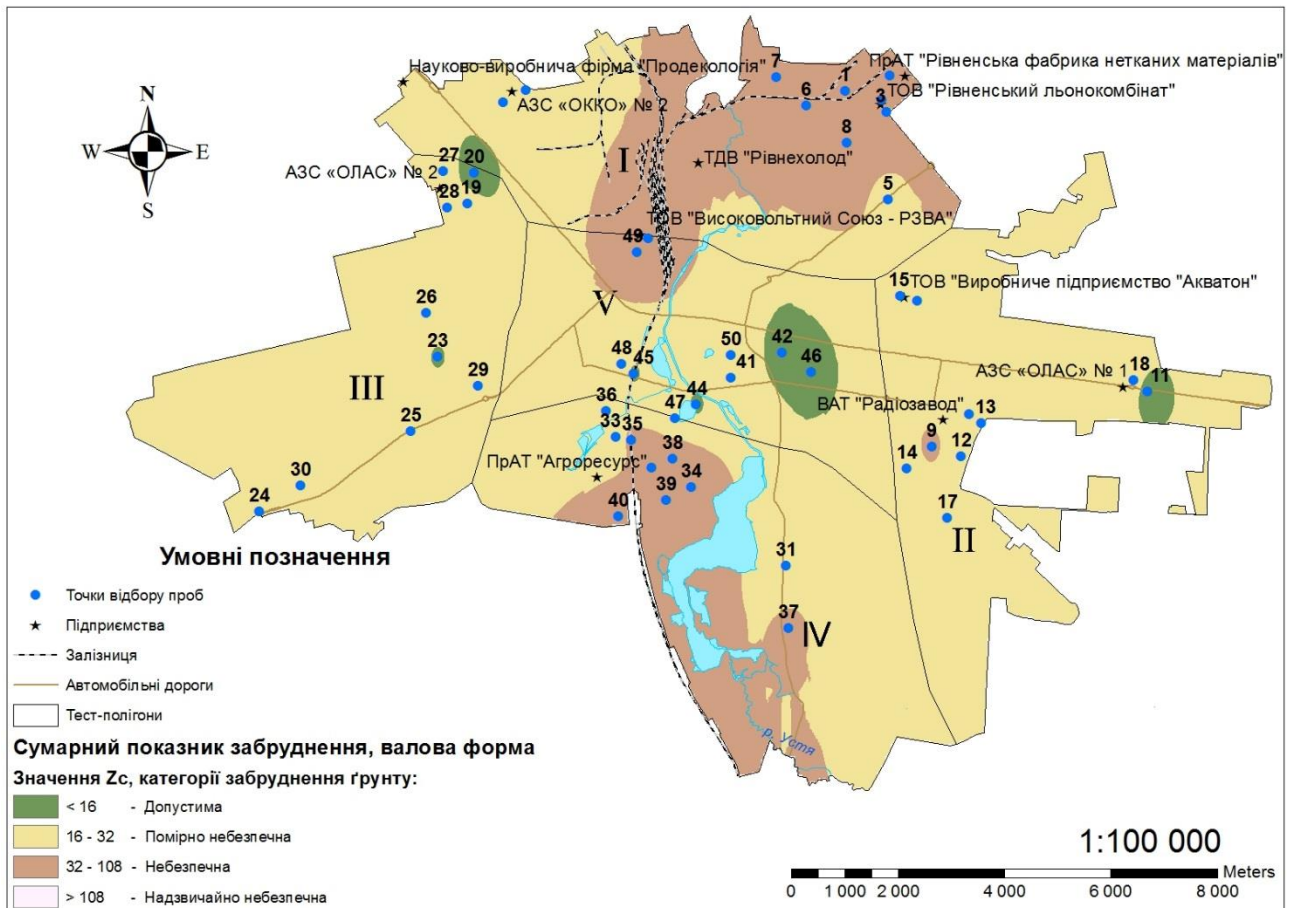


Рис. 3.20 – Оцінка небезпеки забруднення ґрунтів за показником сумарного забруднення важкими металами валової форми (розроблена автором)

Для рухомої форми важких металів також була створена інтерпольована поверхня за методом IDW з метою оцінювання рівня небезпеки забруднення ґрунтового покриву в межах м. Рівне (рис. 3.21).

На створеній карті візуалізується більша частина території, що знаходиться в межах значень категорії «Допустима».

«Помірно небезпечна» та «Небезпечна» категорія зосереджена локально поблизу головний автомобільних доріг та у південній частині міста, а саме: навколо залізниці та підприємства ПрАТ «Агроресурс».

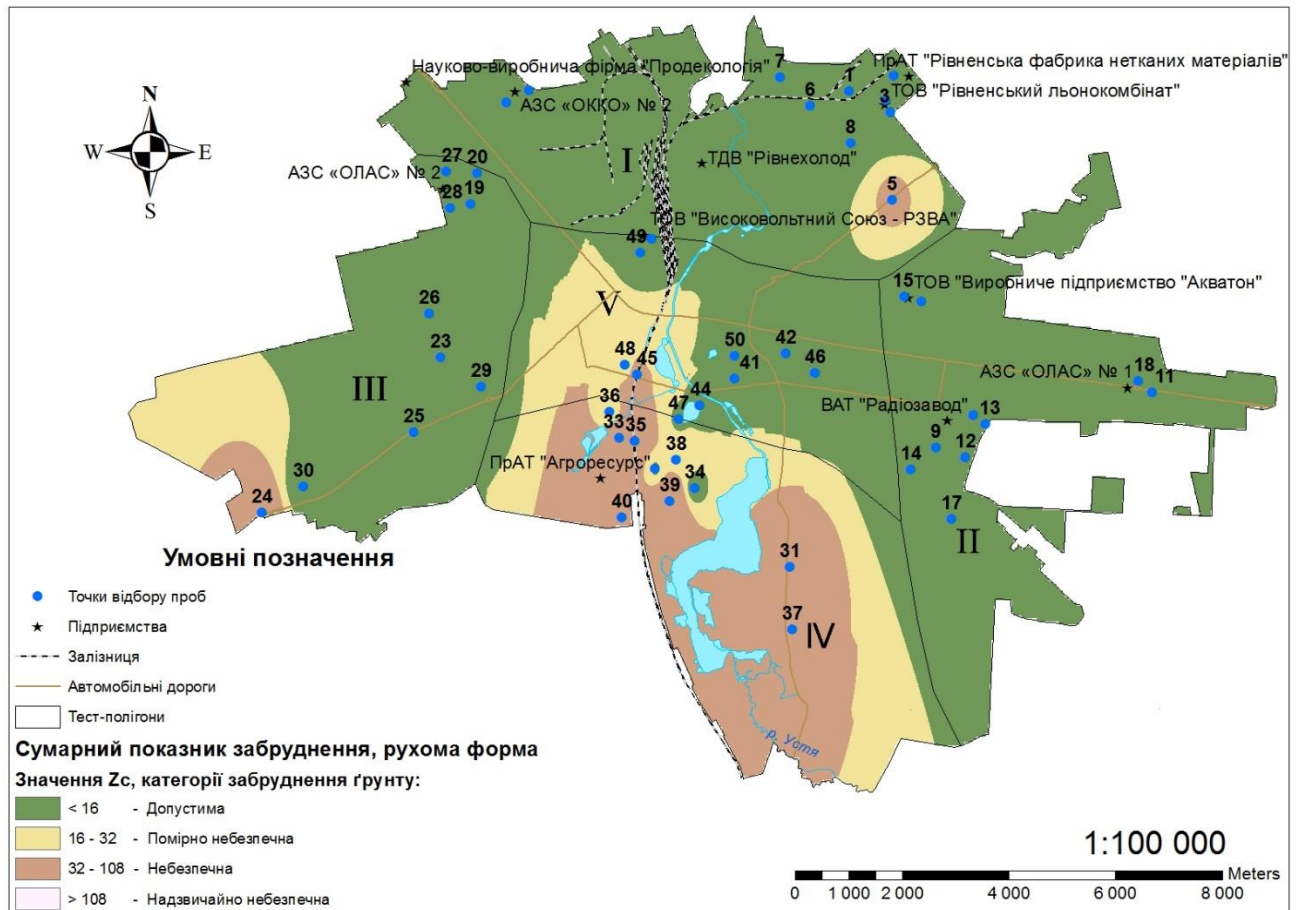


Рис. 3.21 – Оцінка небезпеки забруднення ґрунтів за показником сумарного забруднення важкими металами валової форми (розроблена автором)

Таким чином, розташування певних промислових об'єктів та головних транспортних шляхів корелює з територіями, які підпадають під категорії сумарного забруднення «Помірно небезпечна» та «Небезпечна».

3.4. Візуалізація забруднення ґрунтів м. Рівне важкими металами на основі показника накопичення забруднення з використанням методу інтерполяції

Для міських територій найуживанішим є саме показник накопиченого забруднення PLI (Pollution Load Index), який був запропонований Томлінсоном та співавторами. Для його обчислення використовували формулу 2.3, результати обчислень наведені на рисунку 3.22.

Точки відбору проб				
ID	X	Y	PLI_val	PLI_ruh
1	50.644313	26.268957	5.936987	1.178027
2	50.643293	26.275109	5.187116	0.974069
3	50.642035	26.276043	0	0.773771
4	50.64597	26.27652	4.691603	0.925077
5	50.632696	26.276312	3.966189	0
6	50.642694	26.2625	4.451513	1.971524
7	50.645721	26.257424	2.231982	1.571412
8	50.638737	26.269307	4.827993	1.539218
9	50.606215	26.283573	3.886918	0.998985
10	50.609668	26.289961	3.520587	0
11	50.612085	26.319972	0	1.745161
12	50.605119	26.288549	0	0.386541
13	50.608664	26.291931	3.452794	0.342371
14	50.603821	26.279464	3.37715	0.954687
15	50.622367	26.278359	3.437477	1.492385
16	50.621787	26.281135	3.398697	0.460112
17	50.598512	26.286221	3.728768	0.475456
18	50.613291	26.317635	3.200486	1.040626
19	50.632253	26.205306	0	0.643794
20	50.635476	26.206376	0	0.953883
21	50.644357	26.215158	2.080176	0.978543
22	50.643089	26.211337	2.797428	0.976618
23	50.615826	26.20022	2.05408	0.352326
24	50.599211	26.170047	3.731761	6.020857
25	50.607798	26.19573	3.374003	0.446742
26	50.620539	26.198271	3.035197	0.923594
27	50.635719	26.201127	2.946372	0.607191
28	50.63182	26.201784	2.473359	1.329341
29	50.612716	26.207039	3.232311	0.785141
30	50.601985	26.177049	3.160112	0.775552
31	50.593459	26.25896	1.557968	6.204286
32	50.603924	26.236345	3.951572	0
33	50.60724	26.230317	0	0
34	50.60188	26.243016	0	0.99635
35	50.606864	26.232935	0	0
36	50.609991	26.228706	2.895895	0
37	50.586762	26.259498	3.498948	4.063954
38	50.604917	26.239904	4.115535	0
39	50.600423	26.238828	4.102108	5.237535
40	50.598747	26.230714	3.749013	3.530886
41	50.613556	26.249746	2.318088	0
42	50.616281	26.258314	1.146182	0.953883
43	50.628497	26.235787	4.015312	1.200792
44	50.610717	26.243901	2.021568	1.321577
45	50.614019	26.233305	0	0

Рис. 3.22 – Атрибутивна таблиця показника накопиченого забруднення валової та рухомої форми ВМ в середовищі ArcMap (розроблена автором)

Аналіз результатів дав змогу встановити категорії забруднення ґрунтів у м. Рівне важкими металами згідно опису Томлінсона, що розглядався у розділі 2, а саме: «Дуже сильно забруднені», «Значно забруднені», «Помірно забруднені» та «Відсутнє забруднення».

У м. Рівне більша частина місць відбору проб для валової форми (54%) знаходиться у категорії «Значно забруднені» за значенням PLI; 28 % проб належать до «Помірно забруднені» категорії забруднення. Решта проб (18 %) належать до категорії, у якої «Відсутнє забруднення».

Рухома форма важких металів має кардинально іншу ситуацію. У переважній частини ґрунтів (62 %) «Відсутнє забруднення». Значення категорії «Помірно забруднені» зустрічається у 26 % проб. Проте, саме у рухомій формі зустрічається 4 % і 8 % проб, які відповідно належать до «Дуже сильно забруднені» та «Значно

забруднені» категорій. Такі високі значення можуть бути обумовлені механічним складом ґрунтів, що акумулюють важкі метали.

Для візуалізації ступеня забруднення ґрунтового покриву за значенням РІІ були створенні відповідні карти для валової та рухомої форми. Карта розподілу забруднення ґрунтів візуалізує місця концентрації ВМ валової форми на основі побудованої інтерпольованої поверхні методом IDW (рис. 3.23).

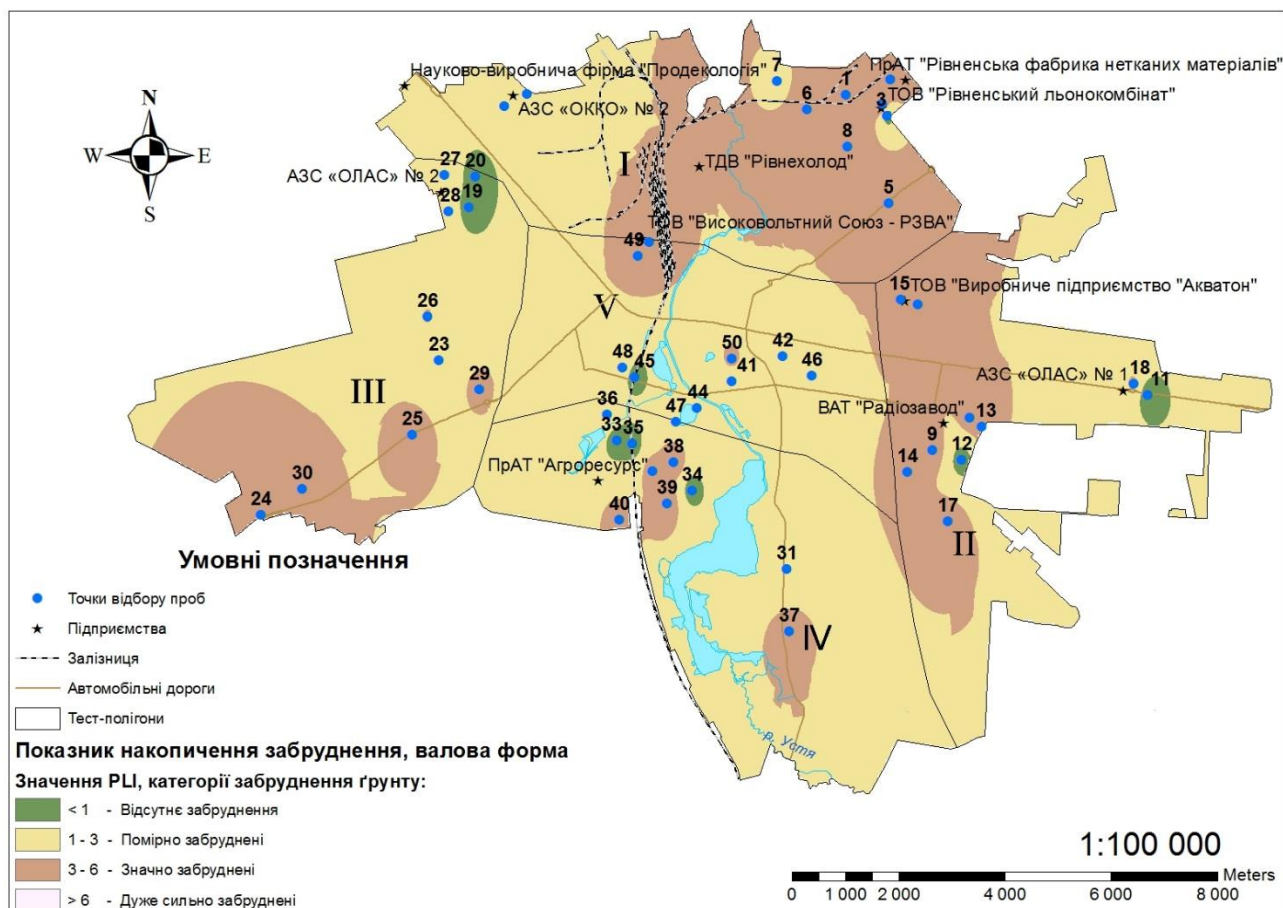


Рис. 3.23 – Оцінка ступеня забруднення ґрунтів за показником накопиченого забруднення важкими металами валової форми (розроблена автором)

Отримані результати дають змогу дійти висновку, що переважна частина ґрунтового покриву м. Рівне відносяться до категорії «Помірно забруднені». Ґрунти, у яких «Відсутнє забруднення» мають острівну локалізацію та розташовані на периферії міста та поблизу водойм. Стосовно категорії «Значно забруднені», то вона спостерігається на території великих підприємств, а саме: ТОВ «Рівненський

льонокомбінат», ПрАТ «Рівненська фабрика нетканих матеріалів», ТОВ Виробниче підприємство «Акватон», ТОВ «Високовольтний Союз – РЗВА», ТДВ «Рівнехолод», ПрАТ «Агроресурс», ВАТ «Радіозавод». Також ґрунти цієї категорії зосереджені поблизу головних автомобільних доріг та навколо залізниці.

Картографування розподілу показника РІІ для ґрунтового покриву важкими металами рухомої форми дало змогу оцінити їхню ступінь забруднення (рис. 3. 24).

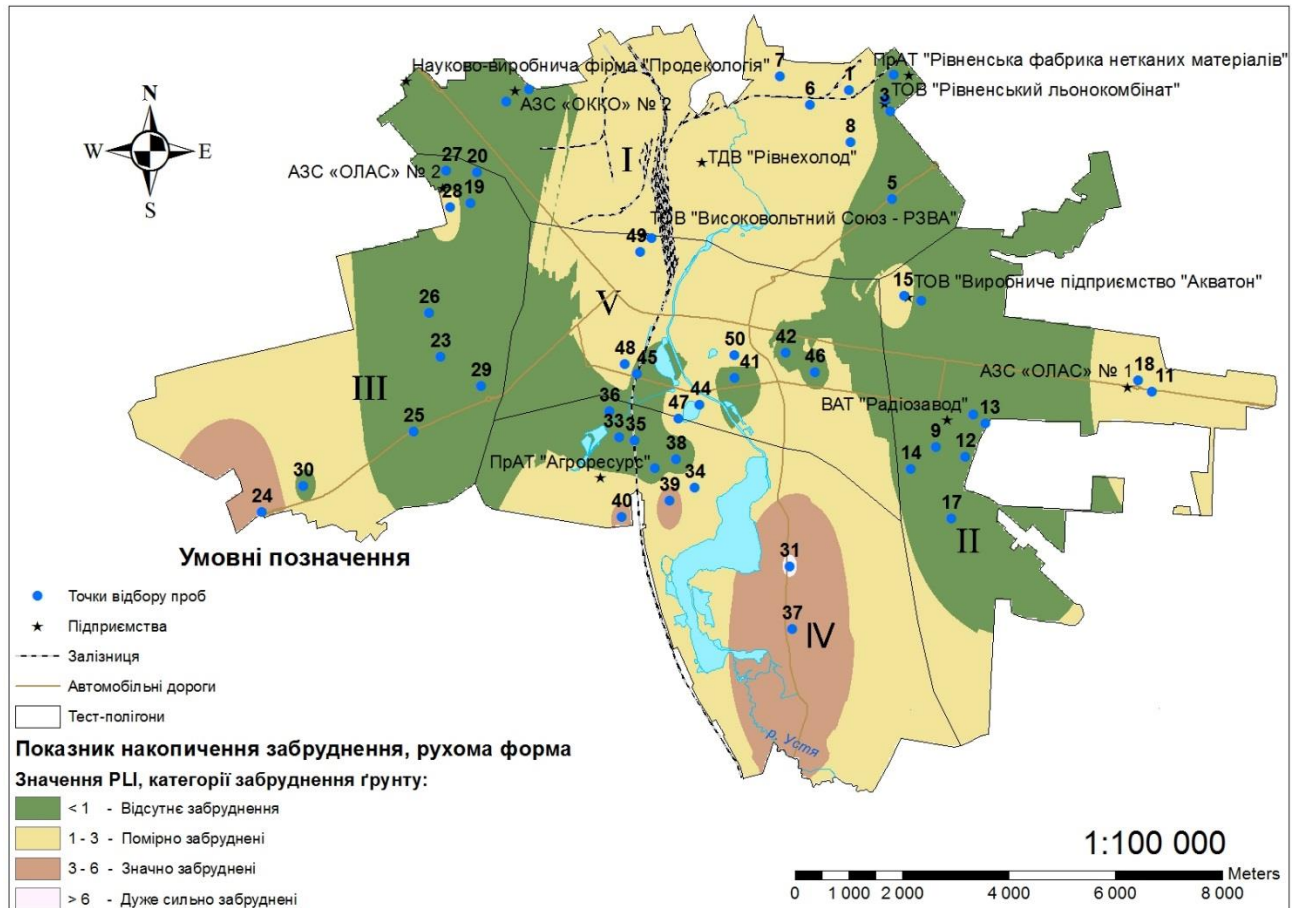


Рис. 3.24 – Оцінка ступеня забруднення ґрунтів за показником накопиченого забруднення важкими металами рухомої форми (розроблена автором)

На створеній карті візуалізується нерівномірний розподіл території між двома категоріями: «Відсутнє забруднення» та «Помірно забруднені». Ґрунти категорії «Помірно забруднені» спостерігаються здебільшого у центральній, північній та південній частині міста, на яких розташовані такі підприємства: ТОВ Виробниче підприємство «Акватон», ТОВ «Високовольтний Союз – РЗВА», ТДВ «Рівнехолод» та

територію відводу залізниці. Території поблизу решти 5 підприємств та двох АЗС відповідають категорії у якої «Відсутнє забруднення». «Значно забруднені» та «Дуже сильно забруднені» (проба №31) ґрунти розміщені поодинокі поблизу магістралей.

Варто відзначити, що результати проведеного картографування території міста за сумарними показником забруднення валової і рухомої форми ВМ співпадають з показником накопиченого забруднення валової і рухомої форм важких металів. Отже, побудова інтерпольованих поверхонь за обома показниками виконані вірно та можуть враховуватися для подальшого моніторингу та прогнозування забруднення ґрунтів урбосистеми м. Рівне важкими металами.

ВИСНОВКИ

1. Опрацьовано наукові джерела з проблем забруднення ґрунтового покриву важкими металами, факторів розподілу важких металів у ґрунті; геоісторичних передумов забруднення важкими металами урбосистеми м. Рівне. Встановлено, що важкі метали накопичуються в ґрунтовій товщі, особливо у верхньому шарі, поволі видаляються при вилуговуванні, споживанні рослинами і ерозійних процесах. Вони зв'язуються алюмосилікатами, несилікатними мінералами, органічними речовинами з допомогою різних реакцій взаємодії. Частина їх утримується цими компонентами міцно і не приймає участі у міграції по ґрунтовому профілю та становить небезпеку. Рівень забруднення урболандшафтів важкими металами безпосередньо залежить від урбанізаційного періоду та стану економічного розвитку міста.

2. Здійснено аналіз виробничо-господарського комплексу м. Рівне та визначено джерела забруднення ґрунтів важкими металами в межах міста Рівне. Підприємства в межах Рівного розміщені більш-менш компактно, утворюючи п'ять промислових зон: північну, північно-східну, південно-східну, південно-західну, центральну. Найбільшими забруднювачами ґрунтового покриву виступають: ТОВ «Високовольтний Союз – РЗВА», територія обслуговування Львівської залізниці в межах м. Рівне – північна промислова зона; ПрАТ «Рівненська фабрика нетканих матеріалів», ТОВ «Рівненський льонокомбінат» – північно-східна промислова зона; ТОВ Виробниче підприємство «Акватон», ВАТ «Радіозавод» – південно-східна зона; Науково-виробнича фірма «Продекологія», ТДВ «Рівнехолод» та ПрАТ «Агроресурс».

3. Для картографування забруднення урбоекотопів важкими металами в роботі використовувалися методи градуїованих кольорів, який застосовано для візуалізації вмісту валової та рухомої форми ВМ, та метод інтерполяції даних IDW – для оцінювання забруднення ґрунтів ВМ на основі показників Z_c та показника PLI.

4. Проведено аналіз даних забруднення ґрунтового покриву міста Рівне на основі вхідних даних про вміст валової та рухомої форм ВМ й відповідних їм коефіцієнтів концентрацій кожного хімічного елемента та визначено показники сумарного забруднення для обох форм. Встановлено, що коефіцієнти концентрації важких металів валової форми, крім кадмію, перевищують фонові значення у декілька разів, а забруднення цинком у деяких точках відбору проб перевищує фонове значення у десятки разів. Коефіцієнти концентрації рухомої форми важких металів майже не перевищують їх фонове значення, окрім купруму та цинку, в яких перевищення сягає десятків разів.

5. За показником сумарного забруднення було класифіковано території, з яких бралися проби ґрунту. Класифікацію проведено за трьома категоріями: перша – «Допустима», друга – «Помірно небезпечна», третя – «Небезпечна». Встановлено, що для валової форми ВМ на переважній частині території м. Рівне цей показник відповідає другій категорії забруднення (52 % проб); а для рухомої форми ВМ – 74 % проб відповідає категорії у «Допустима».

6. Виконано візуалізацію території м. Рівне за рівнями сумарного забруднення ґрунтів з використанням технологій ГІС. Карта розподілу забруднення ґрунтів відображає вогнища локалізації важких металів. На створеній карті для валової форми вмісту ВМ спостерігається третя категорія забруднення ґрунтів («Небезпечна») поблизу таких підприємств: ТОВ «Рівненський льонокомбінат», ПрАТ «Рівненська фабрика нетканих матеріалів», ТОВ Виробниче підприємство «Акватон», ТОВ «Високовольтний Союз – РЗВА», ТДВ «Рівнехолод», ПрАТ «Агроресурс» та навколо залізниці. На карті для рухомої форми ВМ візуалізуються значення категорії «Помірно небезпечна» та «Небезпечна», які зосереджені локально поблизу головних шляхів сполучення та у південній частині міста, а саме: навколо залізниці та підприємства ПрАТ «Агроресурс». Решта території знаходиться в межах значень категорії «Допустима».

7. На основі вхідних даних про коефіцієнти концентрацій ВМ валової та рухомої форм обчислено показник накопиченого забруднення (PLI) для обох форм ВМ. Більша частина місць відбору проб для валової форми (54%) знаходиться у категорії «Значно забруднені» за значенням PLI; 18 % належать до категорії, у якій «Відсутнє забруднення». Рухома форма важких металів характеризується кардинально іншою ситуацією. У переважній частині ґрунтів (62 %) «Відсутнє забруднення». Проте, саме у ВМ цієї форми зустрічається 4 % і 8 % проб, які відповідно належать до «Дуже сильно забруднені» та «Значно забруднені» категорій.

8. Використавши метод побудови інтерпольованої поверхні, виконано візуалізацію території м. Рівне за категоріями показника накопиченого забруднення ґрунтового покриву. На створеній карті для валової форми вмісту важких металів переважну частину території займають ґрунти, що відповідають категорії «Помірно забруднені». Категорія «Значно забруднені» спостерігається на території великих підприємств, а саме: ТОВ «Рівненський льонокомбінат», ПрАТ «Рівненська фабрика нетканих матеріалів», ТОВ Виробниче підприємство «Акватон», ТОВ «Високовольтний Союз – РЗВА», ТДВ «Рівнехолод», ПрАТ «Агроресурс», ВАТ «Радіозавод». Також ґрунти цієї категорії зосереджені поблизу головних автомобільних доріг та навколо залізниці.

Стосовно рухомої форми ВМ візуалізується нерівномірний розподіл території між двома категоріями: «Відсутнє забруднення» та «Помірно забруднені». Ґрунти категорії «Помірно забруднені» спостерігаються поблизу таких підприємств: ТОВ Виробниче підприємство «Акватон», ТОВ «Високовольтний Союз – РЗВА», ТДВ «Рівнехолод» та територію відводу залізниці. Території поблизу решти 5 підприємств та двох АЗС відповідають категорії у якій «Відсутнє забруднення». «Значно забруднені» та «Дуже сильно забруднені» (проба №31) ґрунти розміщені поодинокі поблизу магістралей.

9. Результати проведеного картографування території міста за сумарними показником забруднення валової і рухомої форми ВМ співпадають з показником накопиченого забруднення валової і рухомої форм важких металів. Отже, побудова інтерпольованих поверхонь за обома показниками виконані вірно та можуть враховуватися для подальшого моніторингу та прогнозування забруднення ґрунтів урбосистеми м. Рівне важкими металами.

Для обґрунтування заходів, спрямованих на усунення негативних наслідків антропогенного втручання в навколишнє природне середовище і покращення стану довкілля, перспективним є подальше вивчення фонового забруднення важкими металами для порівняння отриманих показників в динаміці з метою прогнозування і досягнення безпечного сталого розвитку урбосистеми м. Рівне.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

Адаменко, О. М., Міщенко, Л. (2000). Екологічний аудит територій. *Івано-Франківськ: Факел.*

Білявський, Г. О., Падун, М. М., Фурдуй, Р. С. (1995). Основи загальної екології. *К.: Либідь.*

Глазовська, М. А., Касимов, Н. С., Теплицька, Т. А. та ін. (1989). Ландшафтно-геохімічні основи фонового моніторингу природного середовища. Москва: Наука.

Давыдова, С. Л. (1991). О токсичности ионов металлов. *М.: Знание.*

Дмитрук, О. Ю. (1998). Урбаністична географія. Ландшафтний підхід. (Методика ландшафтного аналізу урбанізованих територій): Монографія. *К.: РВЦ" Київський університет.*

Зацерковний, В. І., Тішаєв, І. В., Віршило, І. В., Демидов, В. К. (2016). Геоінформаційні системи в науках про Землю: монографія. Ніжин: НДУ ім. М. В. Гоголя.

Калабеков, А. Л. (2003). Проблемы экологии: Экологический мониторинг в оценке загрязнения городской среды. *Калабеков АЛ–М.: ИМ-Информ.*

Клименко, М. О., Мольчак, Я. О., Фесюк, В. О., Залеський, І. І. (2008). Рівне: природа, господарство та екологічні проблеми. Монографія. Рівне: НУВГП.

Клименко, М. О., Прищеп, А. М., Брежицька, О. А. (2018). Оцінювання стану території міста за показниками сталого розвитку: Монографія. Рівне: НУВГП.

Кучерявий, В.П. (1999). Урбоекологія: Підручник. Львів: Світ.

Мислива, Т. М., Онопрієнко, Л. О. (2009). Важкі метали в урбоедафатопах і фітоценозах та території м. Житомира. Вісник ХНАУ.

Прищеп, А.М. (2021). Теоретико-методологічні основи оцінювання кризових явищ агросфери в зоні впливу урбосистем. *Doctor's thesis* . Житомир.

Сонько, С. П. (2006). Теоретичні основи формування просторових соціо-природних систем у контексті стійкого розвитку України. *Doctor's thesis*. Одеса.

Стернік, В.М. (2017). Біотична активність урбоедафотопів міста Рівне: Candidate's thesis. Рівне.

Сяська, Б. В., Гарманчук, Л. В. (2021). Роль проектних технологій у формуванні екологічної компетентності майбутніх фахівців у галузі геодезії та землеустрою. *Сучасні проблеми екології: XVII Всеукраїнської наукової on-line конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених з міжнародною участю*. Житомир: Державний університет «Житомирська політехніка», 32-33.

Яцук, І. П., Балюк, С. А. (2019). Методика проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення: керівний нормативний документ.

Hardoy, J., Mitlin, D., Satterthwaite, D. (2001). *Environmental problems in an urbanizing world*. London, UK: Earthscan.

Jovane, F., Yoshikawa, H. (2008). The incoming global technological and industrial revolution towards competitive sustainable manufacturing. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*. Volume 57, issue 2, 641-659.

Tomlinson, D.L., Wilson, J.G., Harris, C.R., Jeffney, D.W. (1980). Problems in the assessment of heavy metal levels in estuaries and the formation of a pollution index. *Helgoland Marine Research*, 33 (1), 566-572.

Yakovyshina, T.F. (2016). Index of anthropogenic loading on the soil of urboecosystems as a result of pollution by heavy metals. *Forum of miners 2016: materials of intern. sci. pract. Conf., October 5 - 8, 2016. Dnipro*, 2, 224-229. [In Ukrainian].

ДСТУ ISO 10381-1:2004 (ISO 10381-1:2002, IDT) Якість ґрунту. Ч.2 Відбірання проб. (2006).

Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» (1991). (Відомості Верховної Ради України (ВВР) № 41. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text> (дата звернення 01.05.2023 р.).

Наказ МОЗ України. (2020). Про затвердження Гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних речовин у ґрунті. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0722-20#n14> (дата звернення: 05.05.2023).

Методичні рекомендації "Обстеження та районування території за ступенем впливу антропогенних чинників на стан об'єктів довкілля з використанням цитогенетичних методів", (наказ МОЗ України від 13.03.2007 N 116) Київ, 2007. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0116282-07#Text> (дата звернення 25.04.2023 р.).

Пасажирський транспорт м. Рівне. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://city.dozor.tech/ua/rivne/city> (дата звернення 15.04.2023 р.).

Постанова, К. М. У. (1993). Про затвердження Положення про моніторинг земель. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/661-93-%D0%BF#Text> (дата звернення 02.05.2023 р.).

Применение Градуированных цветов (б.д.). [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/10.4/map/working-with-layers/using-graduated-colors.htm> (дата звернення 16.05.2023 р.).

Применение Градуированных символов (б.д.). [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/10.4/map/working-with-layers/using-graduated-symbols.htm> (дата звернення 16.05.2023 р.).

Обзор группы инструментов «Интерполяция растра» (б.д.). [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/latest/tools/3d-analyst-toolbox/an-overview-of-the-raster-interpolation-toolset.htm> (дата звернення 18.05.2023 р.).

Профіль громади міста Рівне. (2021). [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://economy.rv.ua/wp-content/uploads/2021/11/profil-gromady-2021.pdf> (дата звернення 18.05.2023 р.).

Dobesch, H., Dumolard, P., & Dyras, I. (Eds.). (2007). Spatial Interpolation for Climate Data. ISTE. [Електронний ресурс]. <https://doi.org/10.1002/9780470612262> (дата звернення 16.04.2023).

Siaska, B., Siaska, I., Tsiupa, I. (2022). Assessment of the State of Soil Cover Pollution in Rivne by Heavy Metals as a Component of Gis Ecological Monitoring of the City. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2022580264> Scopus

ДОДАТКИ

Додаток А.1





ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»



про апробацію наукових досліджень
на XVII Всеукраїнській науковій
on-line конференції здобувачів вищої
освіти і молодих учених з міжнародною
участю

«Сучасні проблеми екології»

виданий

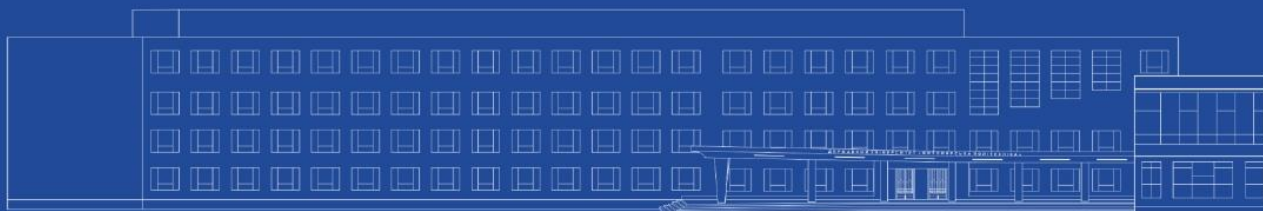
Сясьці Богдані Володимирівні

Декан
гірничо-екологічного
факультету доц., к.т.н.



Володимир КОТЕНКО

15 квітня 2021 р.
м. Житомир



ГІГІЄНІЧНІ РЕГЛАМЕНТИ

допустимого вмісту хімічних речовин у ґрунті, мг/кг

Назва речовини	ГДК, з врахуванням кларка	Показники шкідливості			загально-санітарний
		Транслокаційний	Міграційний водний	Міграційний повітряний	
Рухлива форма					
Мідь	3,0	3,5	72,0	–	3,0
Нікель	4,0	6,7	14,0	–	4,0
Цинк	23,0	23,0	200,0	–	37,0
Кобальт	5,0	25,0	>1000,0	–	5,0
Хром	6,0	–	–	–	6,0
Водорозчинна форма					
Фтор	10,0	10,0	10,0	–	25,0
Валова кількість					
Сурма	4,5	4,5	4,5	–	50,0
Марганець	1500,0	3500,0	1500,0	–	1500,0
Ванадій	150,0	170,0	350,0	–	150,0
Марганець +	1000,0 +	1500,0 +	2000,0 +	–	1000,0 +
Ванадій	100,0	150,0	200,0	–	100,0
Свинець	32,0	35,0	260,0	–	32,0
Миш'як	2,0	2,0	15,0	–	10,0
Ртуть	2,1	2,1	33,3	2,5	5,0
Свинець + ртуть	20,0 + 1,0	20,0 + 1,0	30,0 + 2,0	–	30,0 + 2,0
Нітрати	130,0	180,0	130,0	–	225,0
Бенз(а)пірен	0,02	0,2	0,5	–	0,02

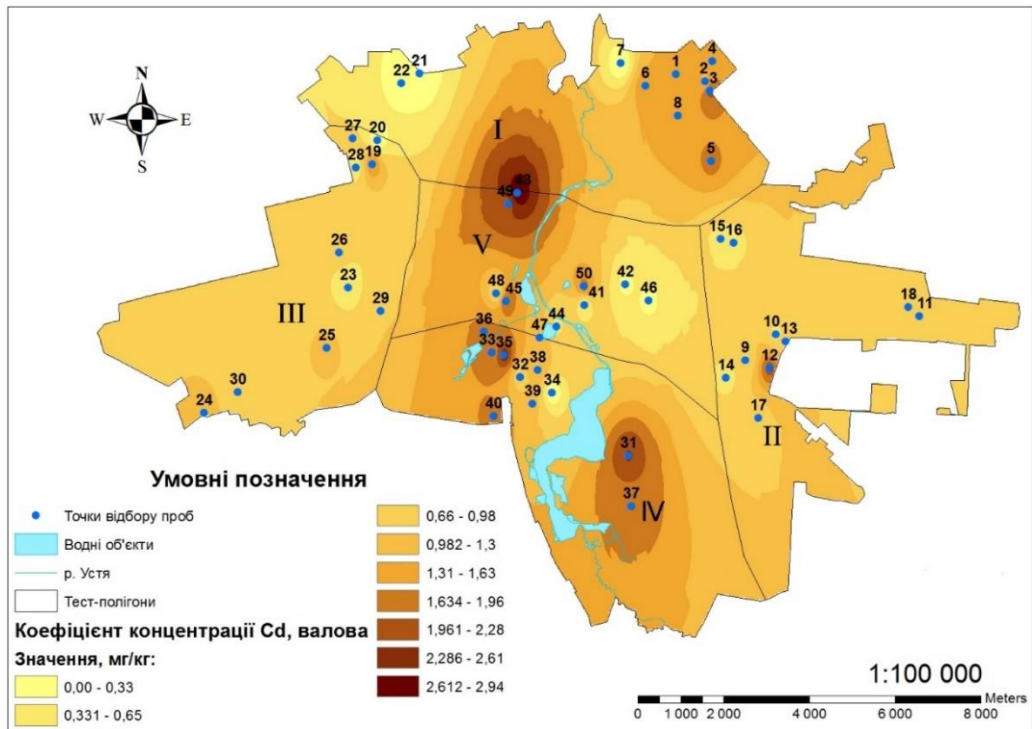


Рис. В.1 – Розподіл коефіцієнтів концентрації Cd валової форми (розроблена автором)

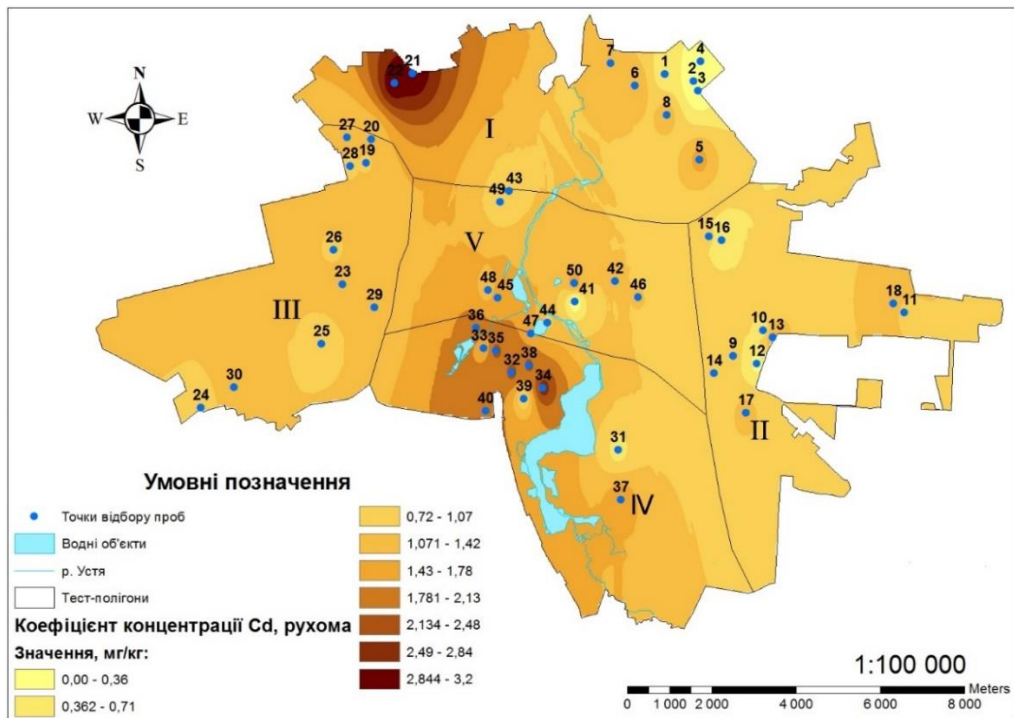


Рис. В.2 – Розподіл коефіцієнтів концентрації Cd рухомої форми (розроблена автором)

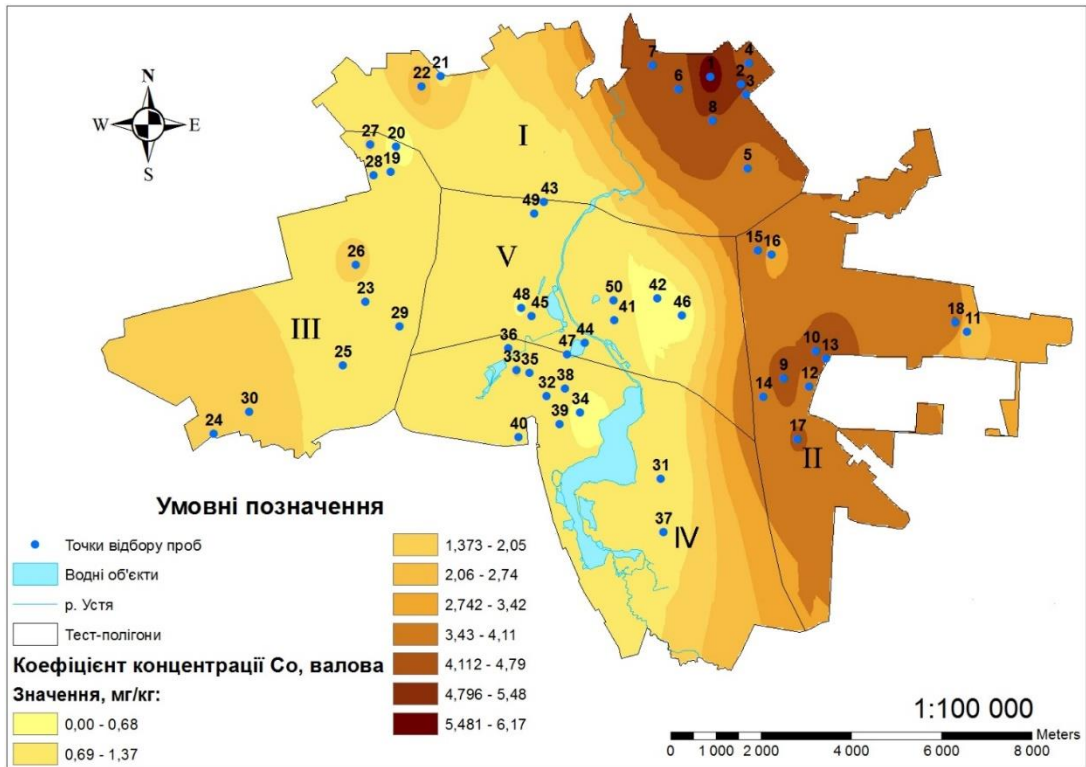


Рис. В.3 – Розподіл коефіцієнтів концентрації C_0 валової форми (розроблена автором)

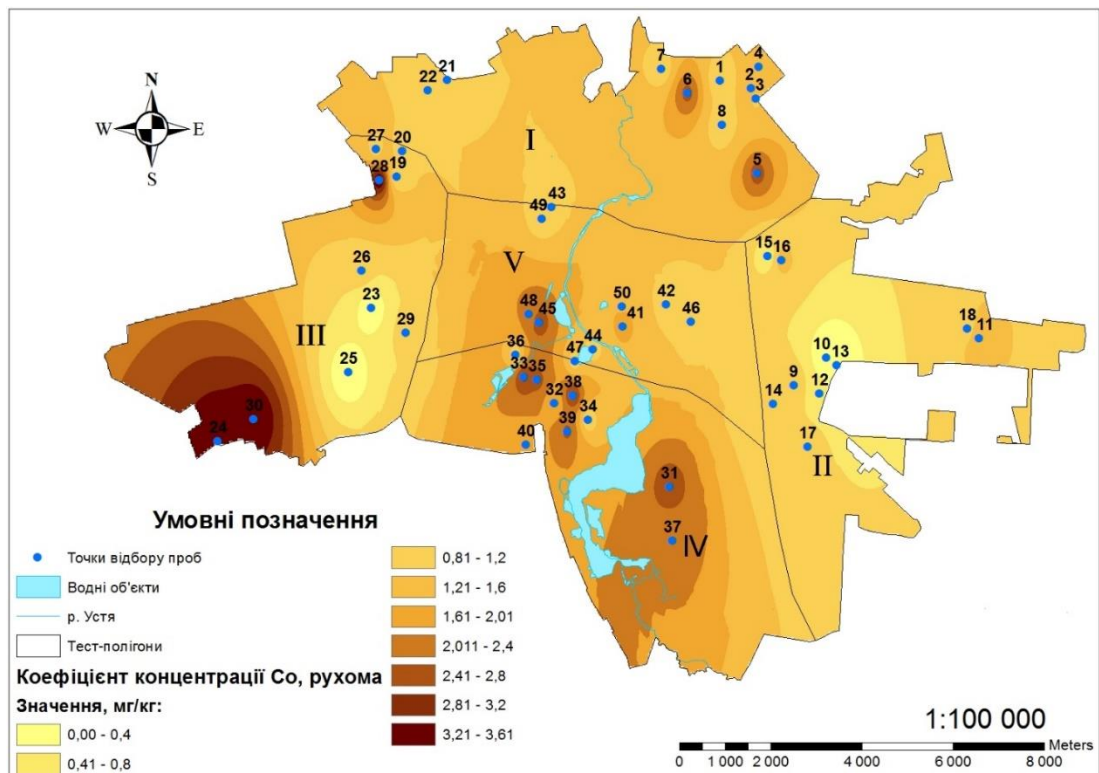


Рис. В.4 – Розподіл коефіцієнтів концентрації C_0 рухомої форми (розроблена автором)

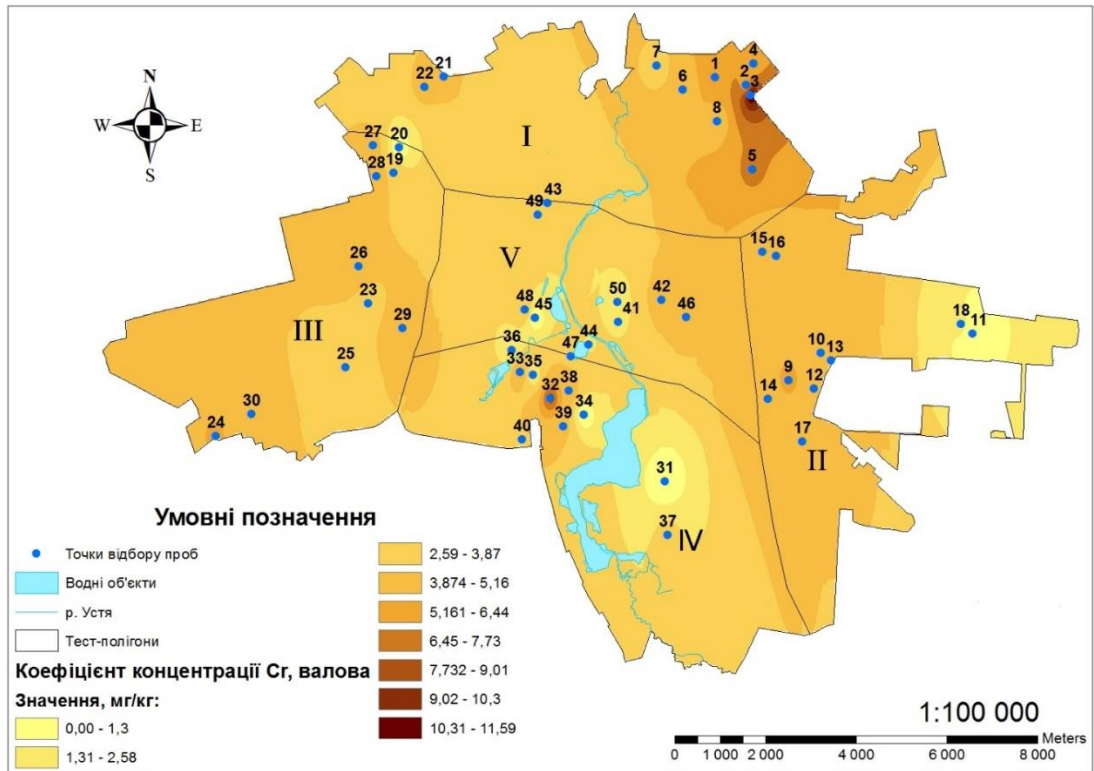


Рис. В.5 – Розподіл коефіцієнтів концентрації C_g валової форми (розроблена автором)

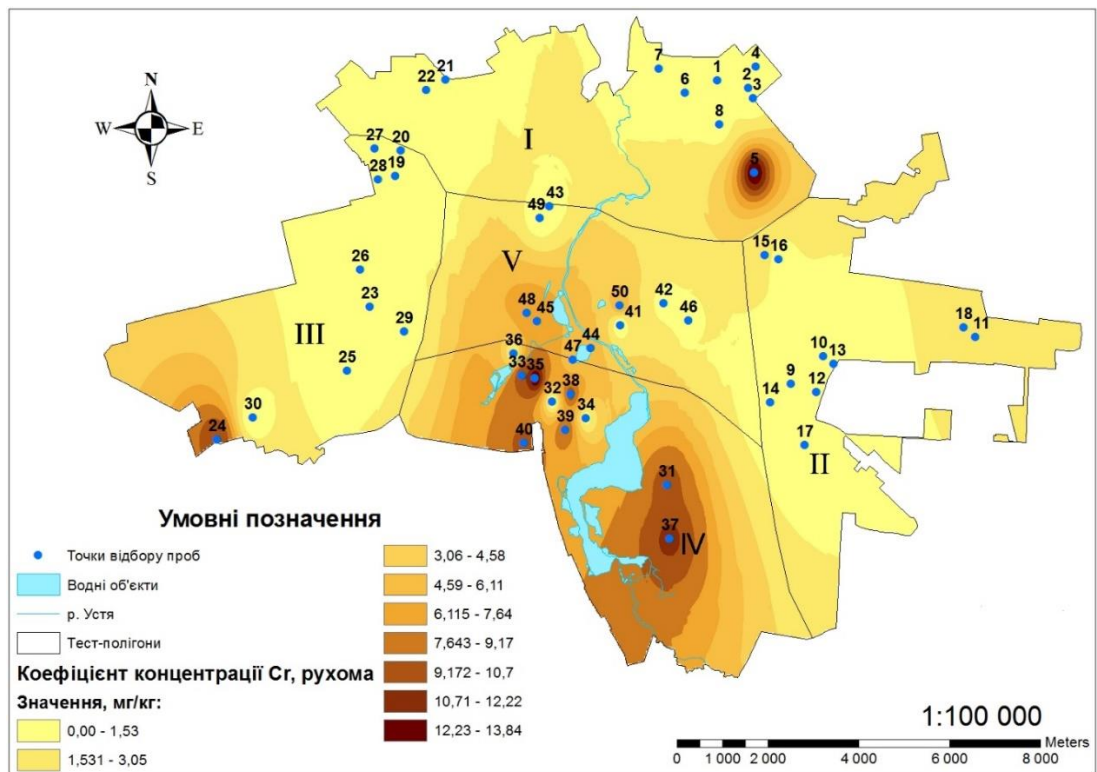


Рис. В.6 – Розподіл коефіцієнтів концентрації C_g рухомої форми (розроблена автором)

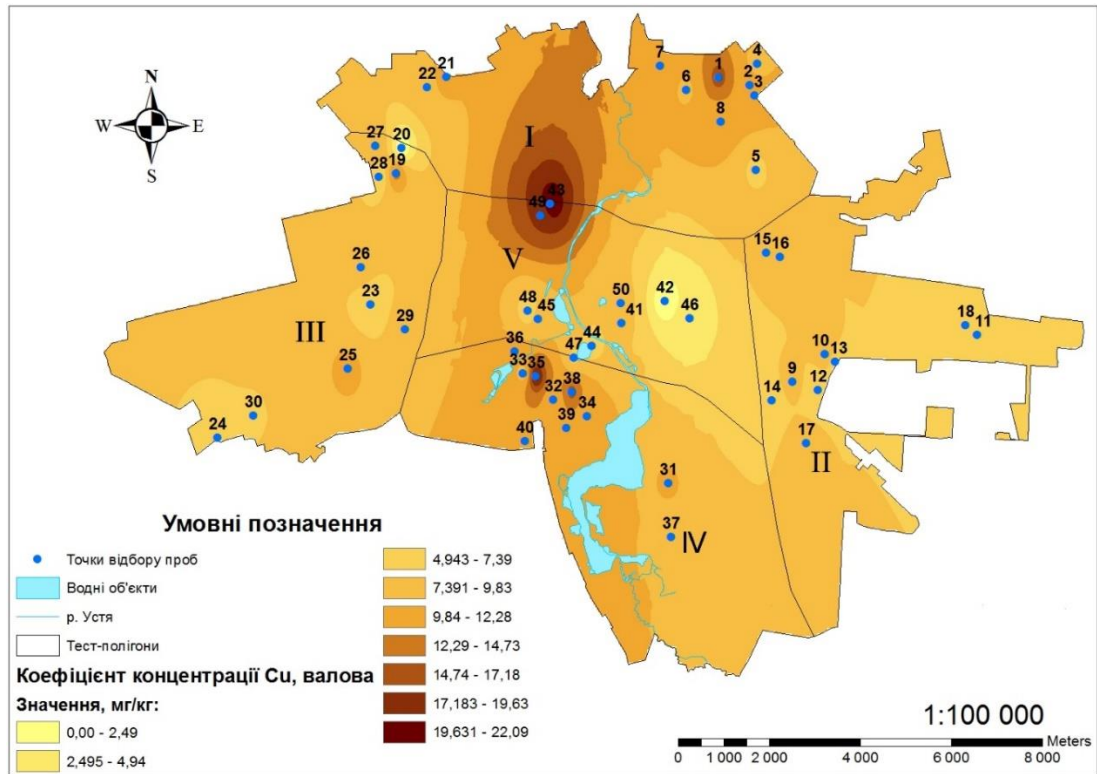


Рис. В.7 – Розподіл коефіцієнтів концентрації Si валової форми (розроблена автором)

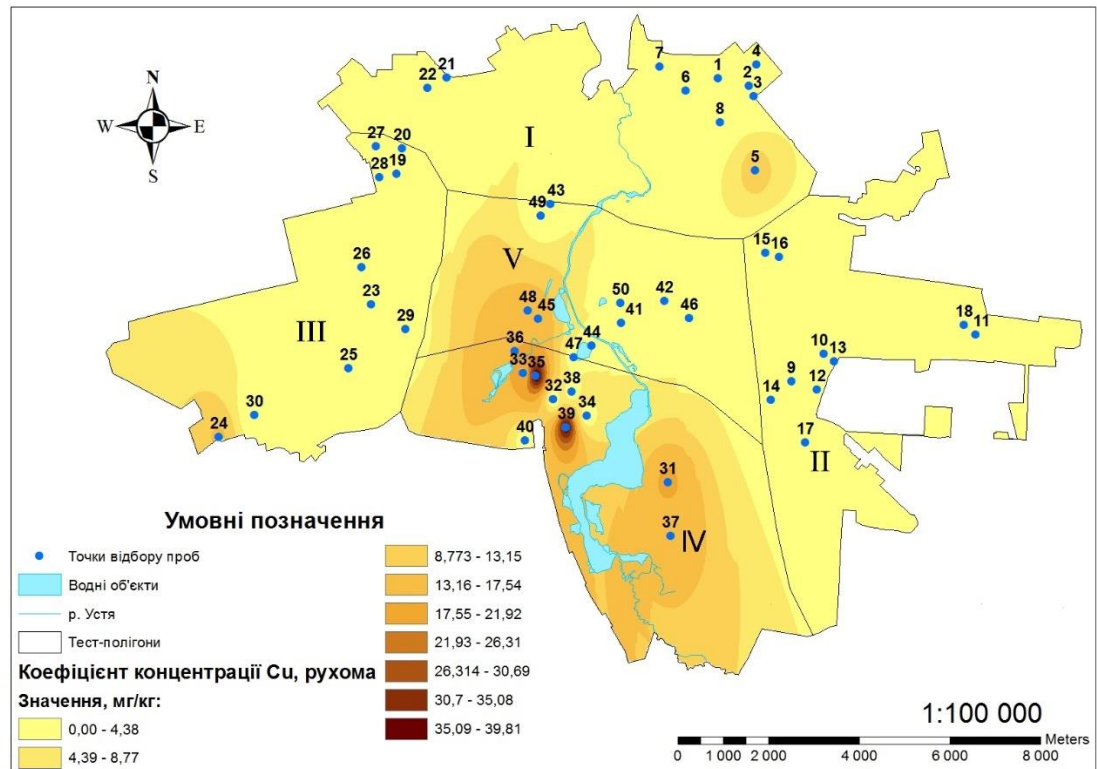


Рис. В.8 – Розподіл коефіцієнтів концентрації Si рухомої форми (розроблена автором)

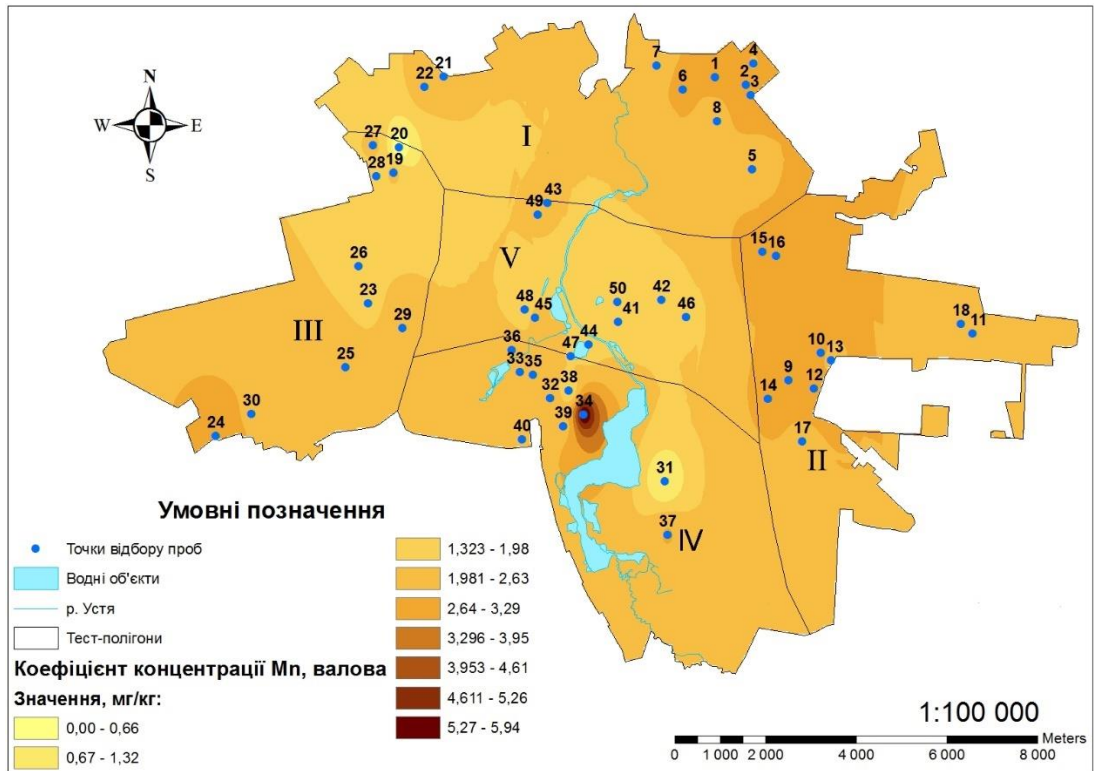


Рис. В.9 – Розподіл коефіцієнтів концентрації Mn валової форми (розроблена автором)

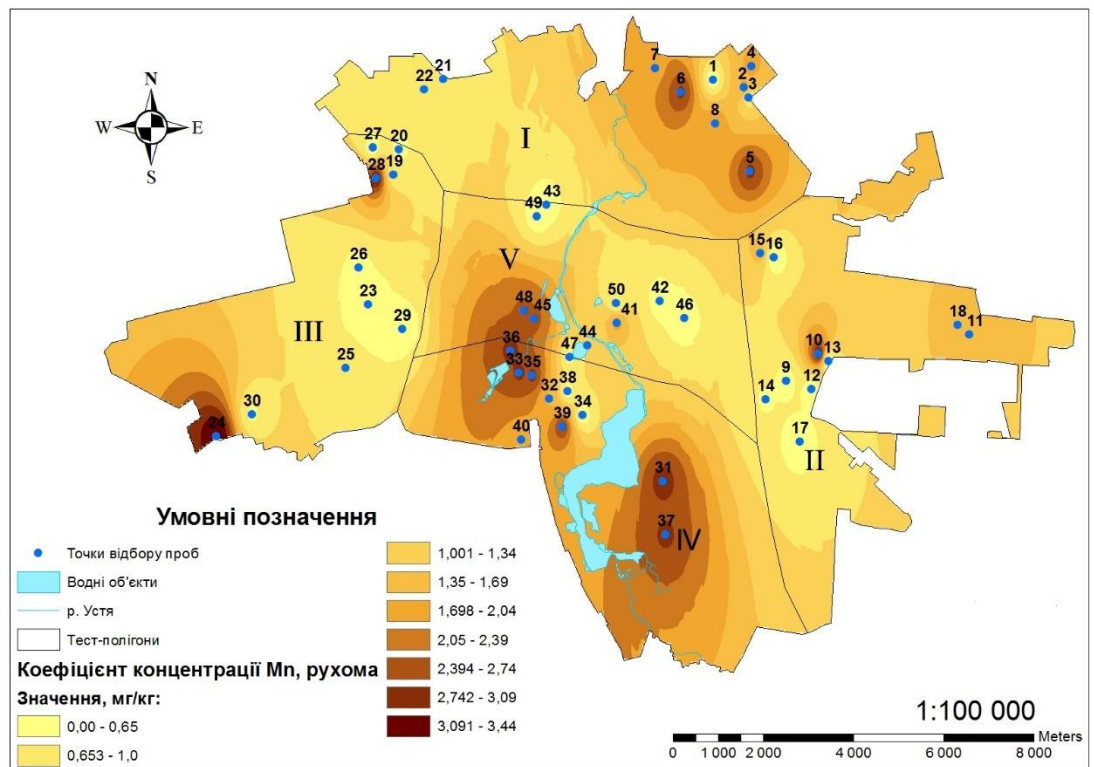


Рис. В.10 – Розподіл коефіцієнтів концентрації Mn рухомої форми (розроблена автором)

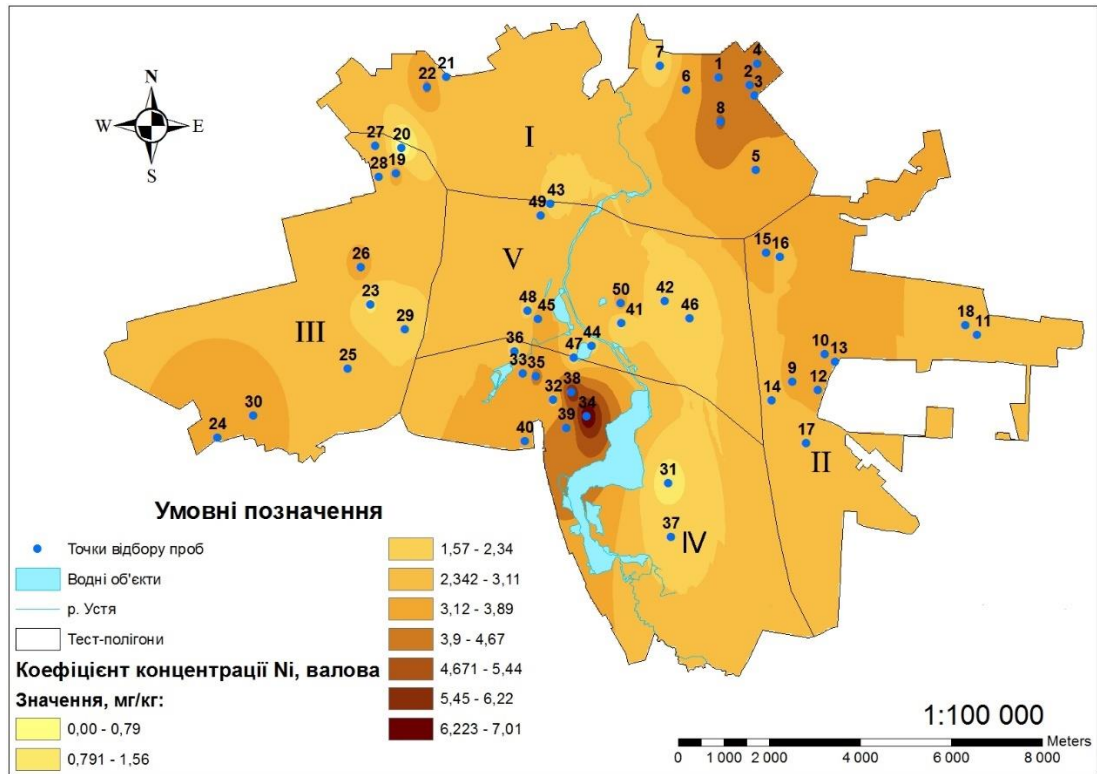


Рис. В.11 – Розподіл коефіцієнтів концентрації Ni валової форми (розроблена автором)

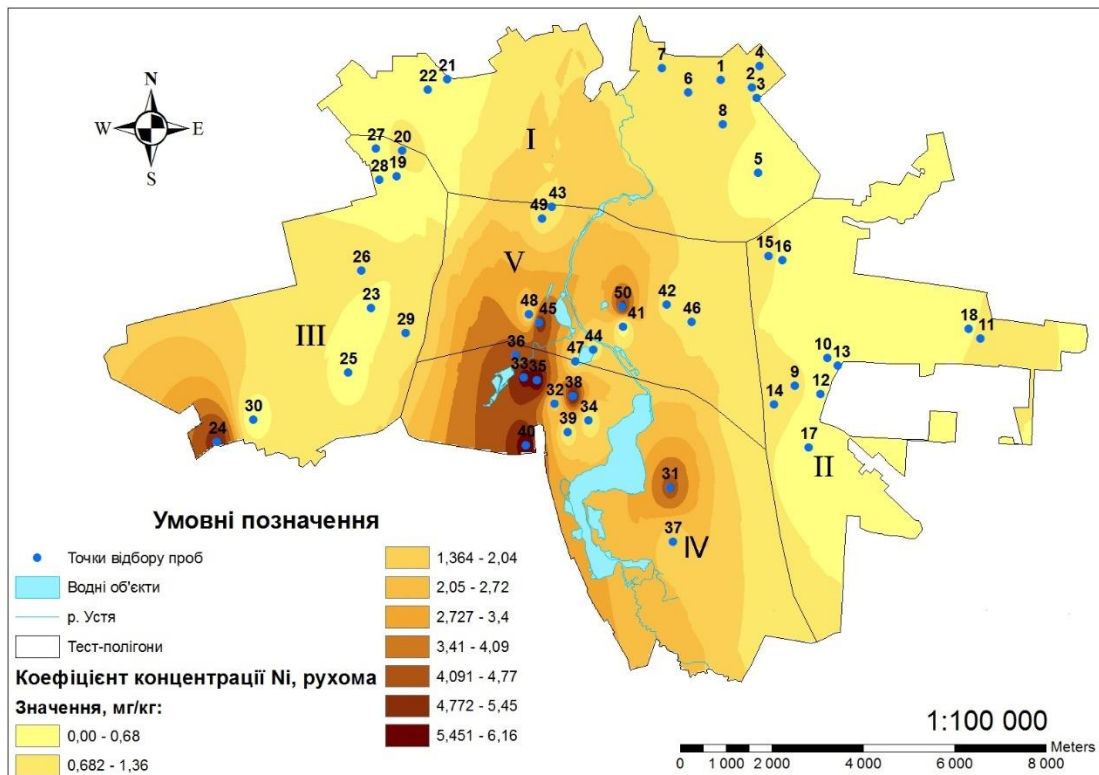


Рис. В.12 – Розподіл коефіцієнтів концентрації Ni рухомої форми (розроблена автором)

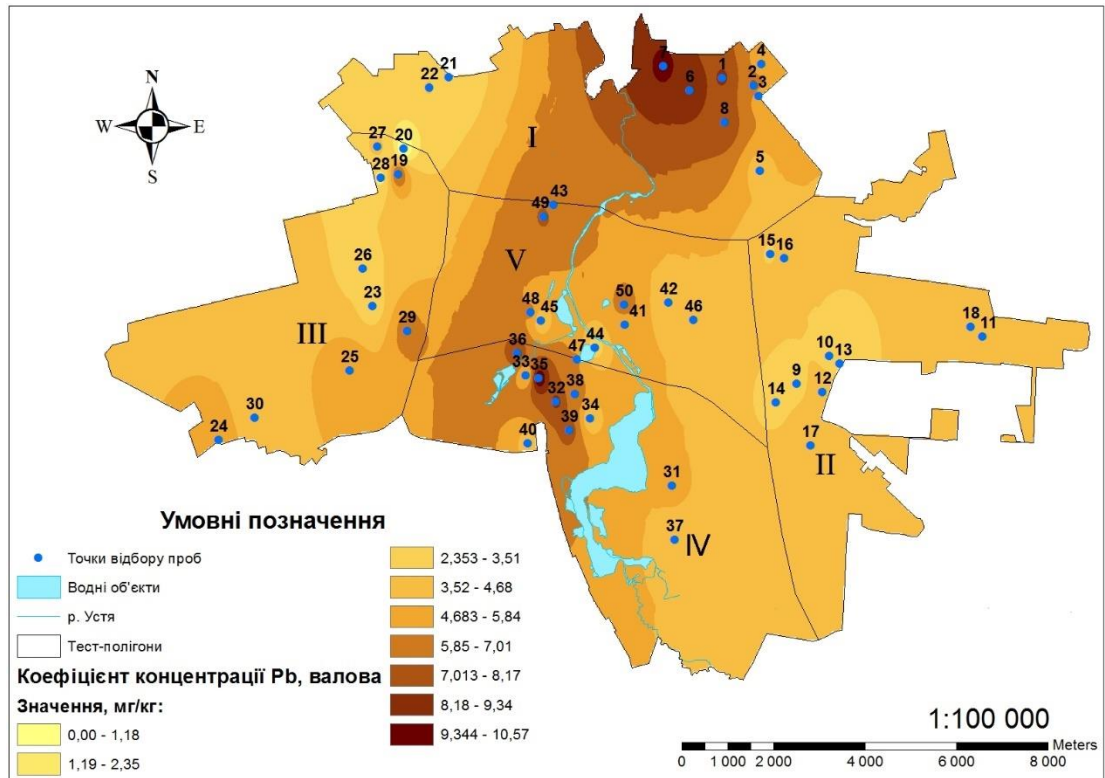


Рис. В.13 – Розподіл коефіцієнтів концентрації Pb валової форми (розроблена автором)

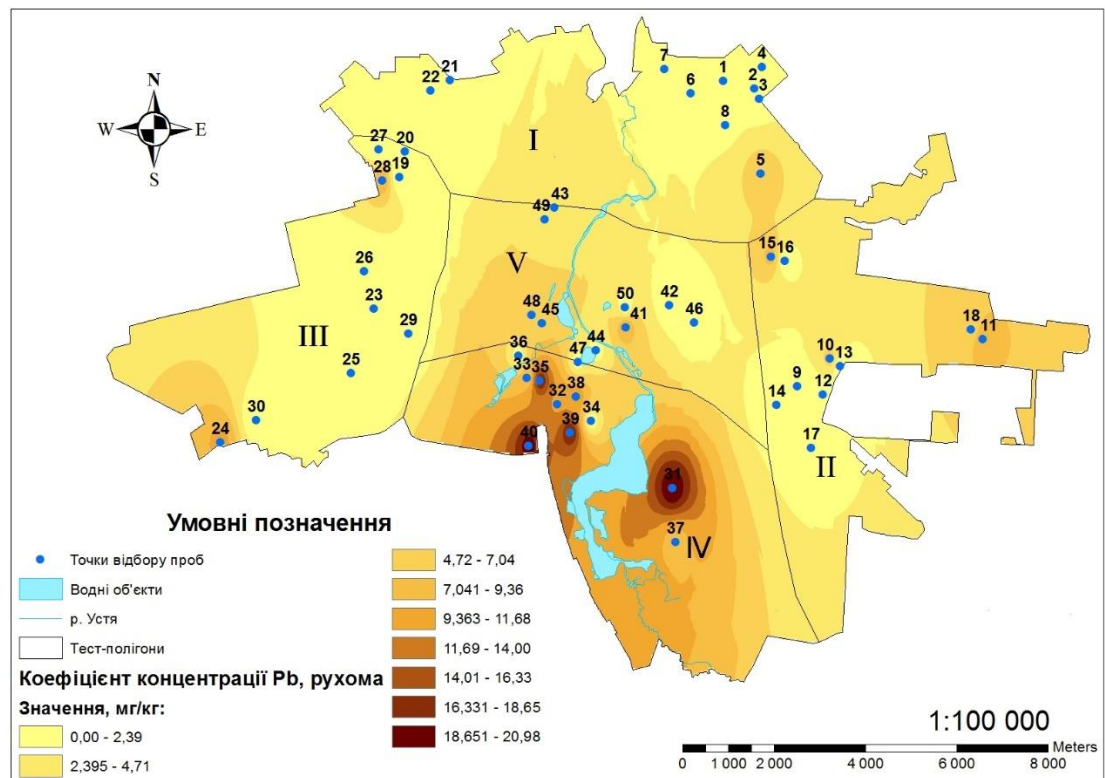


Рис. В.14 – Розподіл коефіцієнтів концентрації Pb рухомої форми (розроблена автором)

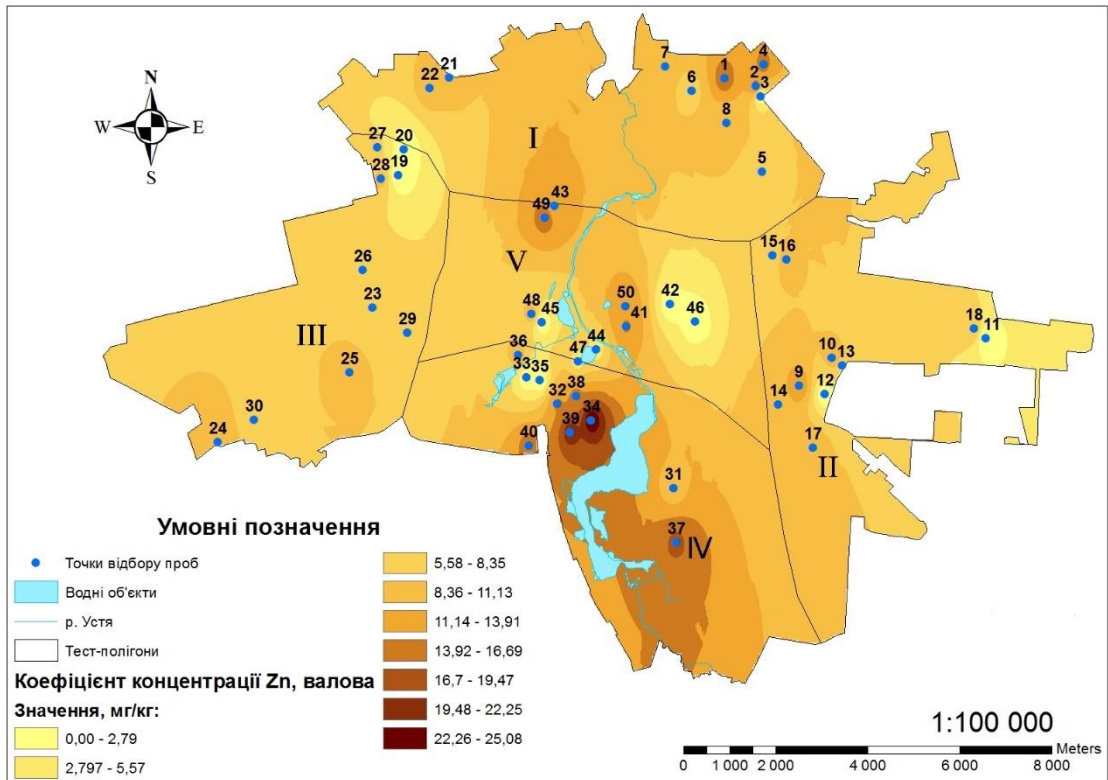


Рис. В.15 – Розподіл коефіцієнтів концентрації Zn валової форми (розроблена автором)

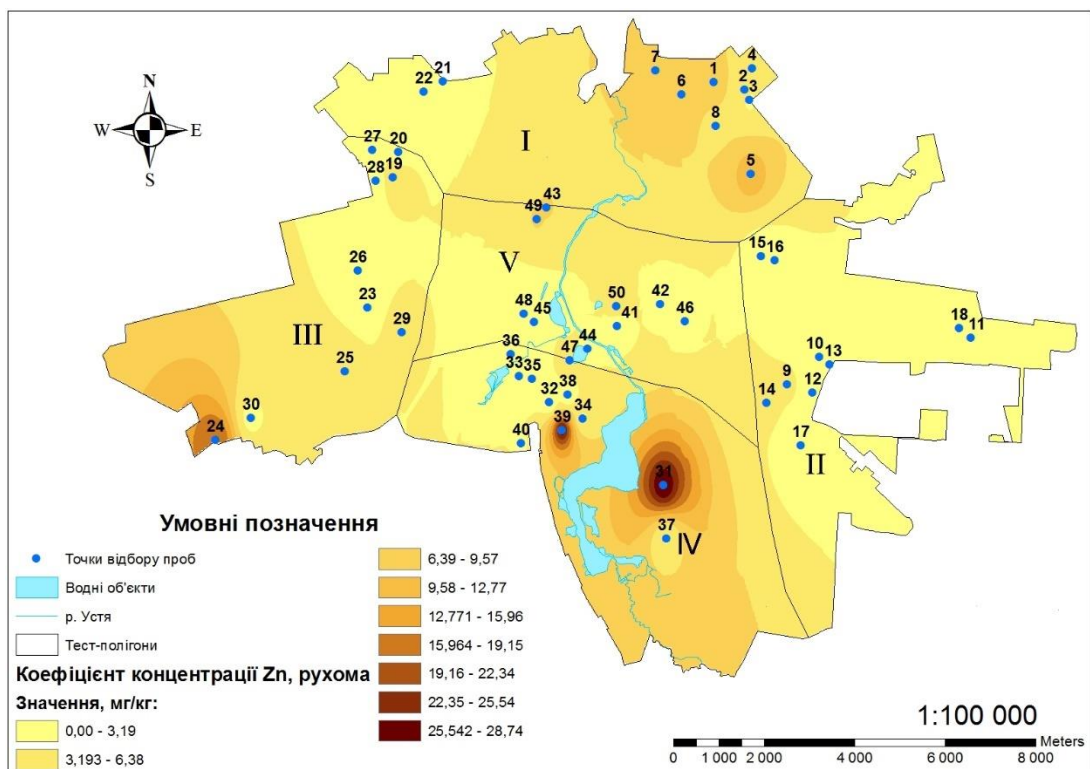


Рис. В.16 – Розподіл коефіцієнтів концентрації Zn рухомої форми (розроблена автором)