

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
Навчально-науковий інститут екології
Кафедра моніторингу довкілля та природокористування

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавра

на тему

ЕКОЛОГО-ГЕОХІМІЧНА ОЦІНКА ЛАНДШАФТІВ ШЕВЧЕНКІВСЬКОГО РАЙОНУ М. ХАРКІВ

Виконав: студентка 4 курсу, групи ДЕ-42
спеціальності: 101 «Екологія»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Цева В. С.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник ст. викл Клещ А. А.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент _____

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«До захисту допущено»

Зав. кафедри д. геогр. н., проф. Максименко Н. В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтролер інж. Мірошник Ю. В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Секретар ЕК Савіцька Р. О.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Харків – 2020 року

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Інститут: Навчально–науковий інститут екології
Кафедра моніторингу довкілля та природокористування
Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) – бакалавр
Спеціальність: 101 «Екологія»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

_____ проф. Максименко Н. В.
(підпис) (прізвище та ініціали)
«10» травня 2019 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Цева Володимир Станіславович
(прізвище, ім'я, по батькові студента)

Тема роботи: «Еколого-геохімічна оцінка ландшафтів Шевченківського району м. Харків»

керівник роботи Клець Анастасія Анатоліївна, ст. викладач
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «01» квітня 2020 року № 0210-05/489

2. Строк подання студентом роботи «25» травня 2020 року

3. Перелік питань, які потрібно розробити :

1. Розкрити сутність теоретичних уявлень про ландшафтно-геохімічну територіальну структуру міських ландшафтів та сучасних підходів до її екологічної оцінки;

2. Встановити ландшафтно-геохімічну територіальну структуру Шевченківського району м. Харків та укласти відповідний картографічний твір;

3. Здійснити польовий експеримент із визначення вмісту рухомих форм важких металів в поверхневому шарі ґрунтового покриву території Шевченківського району м. Харків;

4. Проаналізувати просторовий розподіл важких металів у ґрунтового покриві Шевченківського району м. Харків на основі геоінформаційної моделі інтерполяції даних;

5. Оцінити екологічний стан геохімічних ландшафтів території дослідження.

4. План роботи:

№ з/п	Назви етапів роботи
1	Огляд та критичний аналіз літературних джерел з тематики дослідження
2	Підготовка теоретичного розділу роботи.
3	Обґрунтування методів та відбір методик проведення дослідження. Написання відповідного розділу.
4	Здійснення польового та лабораторного етапів дослідження.
5	Обробка та аналіз отриманих даних. Написання експериментального розділу роботи.
6	Підготовка та оформлення картографічних творів.
7	Написання загальних висновків кваліфікаційної роботи.
8	Оформлення списку літературних джерел згідно вимог норм контролю.
9	Підготовка тексту роботи до проходження норм контролю.

5. Дата видачі завдання «10» травня 2019 року.

Студент _____
підпис

Керівник роботи _____
підпис

Цева В. С.
ініціали, прізвище

Клещ А. А.
ініціали, прізвище

АНОТАЦІЯ
ЕКОЛОГО-ГЕОХІМІЧНІ ОЦІНКА ЛАНДШАФТІВ
ШЕВЧЕНКІВСЬКОМУ РАЙОНІ М. ХАРКІВ

Цева В. С.

Головною метою дослідження є надання екологічної оцінки та визначення стану ландшафтів території Шевченківського району м. Харків. Дослідження концентрувалось на геохімічному аспекті функціонування міських ландшафтів та являє собою оригінальну спробу встановити просторові тенденції поширення забруднюючих речовин шляхом зіставлення геоінформаційних моделей інтерполяції одержаних експериментальним шляхом даних щодо вмісту важких металів у ґрунтованому покриві із структурою елементарних геохімічних ландшафтів території дослідження.

У ході дослідження встановлено, що домінантним типом елементарних геохімічних ландшафтів на території Шевченківського району міста Харків є автономний. Відібрані та проаналізовані 14 зразків поверхневого шару ґрунтового покриву дали можливість встановити територіальний характер поширення іонів цинку, міді, хрому та свинцю та змодельовати прогностичні геоінформаційні моделі їх вмісту в межах дослідного полігону методом емпіричного байесівського крігінгу.

У підсумку, можна констатувати, що всі показники вмісту досліджуваних важких металів знаходяться у концентраціях, які значно менші за гранично допустимі межі, а результати обчислення сумарного показника поліметалічного забруднення дають змогу оцінити екологічний стан ландшафтів Шевченківського району міста Харків як задовільний.

**ЕКОЛОГО-ГЕОХІМІЧНА ОЦІНКА, МІСЬКИЙ ЛАНДШАФТ,
ГРУНТОВИЙ ПОКРИВ, ВАЖКІ МЕТАЛИ, ПРОСТОРОВИЙ РОЗПОДІЛ**

ANNOTATION
ENVIRONMENTAL-GEOCHEMICAL ASSESSMENT OF LANDSCAPES
OF SHEVCHENKOV REGION CITY KHARKIV

Tseva V. S.

The main purpose of the study is to provide an ecological assessment and determine the state of the landscapes of the Shevchenkivskyi district of Kharkiv. The study focused on the geochemical aspect of urban landscapes and is an original attempt to establish spatial trends in the spread of pollutants by comparing geoinformation models of interpolation of experimentally obtained data on the content of heavy metals in the soil with the structure of elementary geochemical research areas.

In the course of the research it was established that the dominant type of elementary geochemical landscapes on the territory of Shevchenkivskyi district of Kharkiv is autonomous. Selected and analyzed 14 samples of the surface layer of the soil cover made it possible to establish the territorial nature of the distribution of zinc, copper, chromium and lead ions and to model prognostic geoinformation models of their content within the experimental landfill by empirical Bayesian kriging.

As a result, it can be stated that all indicators of the content of investigated heavy metals are in concentrations that are much lower than the maximum allowable limits, and the results of calculating the total polymetallic pollution allow to assess the ecological condition of landscapes of Shevchenkivskyi district of Kharkiv as satisfactory.

ECOLOGICAL AND GEOCHEMICAL ASSESSMENT, URBAN
LANDSCAPE, SOIL COVER, HEAVY METALS, SPATIAL DISTRIBUTION

АННОТАЦИЯ

ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОЦЕНКА ЛАНДШАФТОВ ШЕВЧЕНКОВСКОМ РАЙОНЕ Г.ХАРЬКОВ

Цева В. С.

Целью исследования является экологическая оценка ландшафтов территории Шевченковского района Харьков. Исследование концентрировалось на геохимическом аспекте функционирования городских ландшафтов.

В ходе исследования установлено, что доминантным типом элементарных геохимических ландшафтов на территории Шевченковского района города Харьков является автономный. Отобранные и проанализированные 14 образцов поверхностного слоя почвенного покрова позволили установить территориальный характер распространения ионов цинка, меди, хрома и свинца и смоделировать прогностические геоинформационные модели их содержания в пределах исследовательского полигона методом эмпирического байесовского кригинга.

В итоге, можно констатировать, что все показатели содержания исследуемых тяжелых металлов находятся в концентрациях, значительно меньших, чем предельно допустимые, а результаты вычисления суммарного показателя полиметаллического загрязнения позволяют оценить экологическое состояние ландшафтов Шевченковского района города Харьков как удовлетворительное.

ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА, ГОРОДСКИЕ
ЛАНДШАФТЫ, ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ, ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ,
ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ ПІДВАЛИНИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	10
1.1 Вихідні теоретичні положення ландшафтно – геохімічних досліджень урбогеосистем.....	10
1.2 Сучасний стан вивченості ступеню забруднення ґрунтового покриву міських ландшафтів України	17
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИКА ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	20
2.1 Методи відбору та хімічного аналізу зразків ґрунтового покриву.....	21
2.2 Визначення схеми відбору зразків ґрунтового покриву.....	21
2.3 Методи геоінформаційного моделювання та оцінки еколого-геохімічних показників.....	23
РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ АНАЛІЗ.....	26
3.1 Територіальна ландшафтно-геохімічна структура території Шевченківського району м. Харків.....	26
3.2 Результати хімічного аналізу зразків ґрунтового покриву Шевченківського району м. Харків.....	27
3.3 Геоінформаційні моделі розподілу вмісту важких металів у ґрунтовому покриві Шевченківського району м. Харків	30
3.4 Оцінка екологічного стану геохімічних ландшафтів території Шевченківського району м. Харків	35
ВИСНОВКИ.....	36
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	38
ДОДАТКИ.....	41

ВСТУП

Актуальність дослідження. Екологічний стан сучасних великих міст, в тому числі і українських, є складним та напруженим. Значущим методичним інструментом, що дозволяє встановити екологічно стабільні та благополучні ділянки міського ландшафту, екологічну ситуацію на яких варто зберігати, так і екологічно нестабільні і несприятливі території, що потребують втручання з метою поліпшення їх стану є екологічна оцінка територій міст.

У геохімічному відношенні території міських ландшафтів сильно змінені як у морфологічному відношенні, так і у компонентному і в цілому характеризуються як антропогенні, урбанізовані. Так, на сьогодні у м. Харків проживає приблизно 1,5 млн. людей, а отже, від екологічного стану ландшафтів міста значним чином залежить стан здоров'я міського населення, а отже і загальний рівень комфортності життя. То ж, дослідження еколого-геохімічної ситуації та екологічна оцінка міських ландшафтів м. Харкова є досить актуальною задачею.

Тема дипломного дослідження присвячена встановленню екологічного стану елементарних геохімічних ландшафтів території Шевченківського району м. Харків.

Мета даного дослідження – надати еколого-геохімічну оцінку ландшафтів Шевченківського району м. Харків за даними вмісту рухомих форм та просторового розподілу важких металів у ґрунтовому покриві.

Об'єкт дослідження – ґрунтовий покрив елементарних геохімічних ландшафтів території дослідження.

Предмет дослідження – вміст рухомих форм важких металів у ґрунтовому покриві елементарних геохімічних ландшафтів та його екологічна оцінка.

Основна гіпотеза (постановка проблеми) дослідження полягає у наданні екологічної оцінки геохімічного стану міських ландшафтів на основі

зіставлення геоінформаційної моделі інтерполяції одержаних експериментальним шляхом даних щодо вмісту важких металів у ґрунтованому покриві із структурою елементарних геохімічних ландшафтів території дослідження.

Для досягнення даної мети перед поставлено ряд **завдань**, що потребують вирішення:

1. Визначити вихідні теоретичні та методологічні положення ландшафтно-геохімічних досліджень ландшафтів міст;
2. Встановити типи та просторове поширення елементарних геохімічних ландшафтів в межах території дослідження;
3. Здійснити польові експериментальні еколого-геохімічні дослідження із визначення вмісту важких металів ґрунтового покриву території Шевченківського району м. Харків;
4. Створити геоінформаційній моделі просторового розподілу важких металів у ґрунтового покриві Шевченківського району м. Харків;
5. Оцінити екологічний стан геохімічних ландшафтів території дослідження.

У ході виконання дослідження було використано цілий комплекс загальнонаукових та спеціальних **методів**, зокрема польових, ландшафтно-геохімічних, хіміко-аналітичних, картографічних та геоінформаційних.

Основною інформаційною базою є результати власних польових, лабораторних та камеральних досліджень із геоінформаційного моделювання.

Наукова новизна одержаних результатів заключається у одержанні нових даних стосовно екологічного стану ґрунтового покриву Шевченківського району м. Харків.

Практичне значення результатів дослідження полягає в тому, що отримані дані та здійснена на їх основі екологічна оцінка можуть бути використані у державних звітах про стан довкілля м. Харків та як додаткові матеріали у проведенні робіт із екологічного моніторингу.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ПІДВАЛИНИ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Вихідні теоретичні положення ландшафтно-геохімічних досліджень урбогеосистем

Дослідження міського простору з позицій встановлення зворотного впливу урбанізації на природне середовище та людину передбачає його вивчення як комплексного явища. Територія міст представляє собою не стільки визначений природними умовами, скільки організований людським суспільством простір, у зовнішньому вигляді якого відображена сукупність всіх суспільних зусиль з використання ландшафту цієї території [11, 12].

У більшості сучасних досліджень екологічного та геоекологічного спрямування території міст розглядаються з позицій концепції урбогеосистеми (урболандшафт, урбосистема) [13, 14, 15]. Відповідно до даного методологічного концепту до потреб екологічних досліджень міст можуть бути застосовані методи класичного ландшафтознавства, ландшафтної екології та геохімії ландшафтів, модифіковані з урахуванням визначної ролі антропогенного фактору в процесі формування, функціонування, динаміки та еволюції урбогеосистеми.

За найбільш загальним визначенням урбогеосистема – це територія, основні особливості будови і властивості якої визначаються наявністю в її межах людських поселень, насамперед міст [16].

Територіально до складу урбогеосистеми, як правило, включають як власне місто, мешканці якого пов'язані з несільськогосподарської діяльністю, так і його найближче оточення. Це оточення відчуває найбільш сильний вплив міста, перш за все в результаті рекреаційної діяльності городян, забруднення навколишнього середовища, згущення мережі транспортних магістралей поблизу міст, появи відходів та інших впливів.

Стольберг Ф. В. [17], розглядаючи структуру міста як урбогеосистему, пропонує виділяти три її взаємопов'язані між собою складові: природну

підсистему міста або урбоєкосистему, технічну підсистему та синтезовану демо-соціо-економічну підсистему, що здійснює управлінську функцію.

До складу природної підсистеми міста – урбоєкосистеми – входять основні природні компоненти навколишнього середовища: геологічний фундамент, ґрунтовий покрив, поверхневі водні об'єкти, підземні води, атмосферне повітря і живі організми. Головною екологічною функцією природної підсистеми міста є підтримки життєзабезпечення людського суспільства.

Технічна система міста уособлює собою продукт діяльності людини і представлена такими структурними елементами урбогеосистеми як промислові підприємства, промзони (агломерація підприємств, що об'єднуються єдиною територією), транспортні магістралі (вулиці з транзитними транспортними потоками), селищні зони (житлові території і ділянки внутрішньодворового озеленення), рекреаційні зони (зони відпочинку – бульвари, парки, сади, водойми, лісопарки).

То ж, зробимо висновок, що середовище сучасного міста – це штучно створене середовище проживання людини, а отже і екологічні умови та фактори в містах різко відрізняються від природних умов, в яких раніше існувало людство (хімічний склад природних компонентів середовища: атмосферного повітря, вод, ґрунтового покриву тощо; рівень шуму, електромагнітних полів та інше).

У зв'язку із надмірним рівнем антропогенного навантаження та техногенного забруднення середовища міст часто виступають об'єктами дослідження екологічного стану. Так, на екологічний стан міського середовища впливає безліч антропогенних факторів, що значним чином змінюють його геохімічні властивості та зв'язки в навколишньому середовищі (рис. 1.1). Так, серед основних антропогенних факторів, що чинять значний вплив на формування екологічного стану урбогеосистем в першу чергу слід назвати викиди в атмосферне повітря від стаціонарних та мобільних джерел, побутові і промислові відходи, господарський та

Під ландшафтно-геохімічною оцінкою екологічного стану території Максименко Н. В. та інші [19] розуміють «систему методів, спрямованих на визначення характеру та інтенсивності впливу геохімічного середовища на живі організми» та пропонують здійснювати аналіз екостану міст в трьох аспектах: вивчення міграції хімічних елементів, встановлення енергетичної ємності цих процесів та характеристики інформації.

Малишева Л. Л. [18] визначає наступний узагальнений зміст основних етапів та складових ландшафтно-геохімічного аналізу й оцінки екологічного стану території, представлений на рис. 1.2.



Рис. 1.2 – Узагальнений алгоритм та зміст етапів ландшафтно – геохімічних досліджень територій за Малишевою Л. Л. [укладено на основі 18]

У якості об'єктів ландшафтно-геохімічного аналізу територій можуть виступати різні «цільові» компоненти або елементи ландшафту, які є середовищем протікання геохімічних реакцій, концентрації та розсіювання їх продуктів: атмосферні опади, сніговий покрив, ґрунтовий покрив, біологічні

індивіди, їх асоціації та біоценози, підземні та поверхневі води і донні відклади.

В рамках даного дослідження ми спирались на базові теоретичні поняття ландшафтно-геохімічних досліджень екологічного стану території. То ж, для зняття невизначеності та виключення неточностей у розумінні тих, чи інших дефініцій, надамо їм визначення.

Об'єктами ландшафтно-геохімічних досліджень виступають геохімічні ландшафти. За Марцинкевич Г. І. [20], поняття «геохімічний ландшафт» і «географічний ландшафт» є майже повністю тотожними, з однією різницею – перше використовують для дослідження окремого аспекту – характеру міграції хімічних елементів.

Виходячи з цього, геохімічні ландшафти являють собою такі ділянки географічного ландшафту, в межах яких відбувається подібна у якісному відношенні міграція хімічних елементів в середовищах його компонентів (материнській породі, ґрунтах, водах, атмосферному повітрі, рослинності).

Таким чином, різні види геохімічних ландшафтів виділяють на основі ідентифікації специфічного біологічного круговороту атомів, характерних особливостей водної, повітряної міграції хімічних елементів та інших геохімічних параметрів.

Малишева Л. Л. [18] вказує на єдність та відносну однорідність в межах окремого геохімічного ландшафту таких ознак як генезис, динаміка, історія розвитку, хімічним складом компонентів, прояв зонально-азональних рис, морфолітогенна будова, геоморфологічні і кліматичні умови, тип ґрунтів, біоценозів, геохімічних спряжень.

Прикладами геохімічних ландшафтів можуть слугувати ландшафти різних таксономічних рівнів: солоне озеро в зниженні рельєфу із солончаками по берегах, моренний пагорб, вкритий хвойним лісом, та між пагорбові заболочені пониження в тайговій зоні тощо.

Встановлення причинно-наслідкових зав'язків і закономірностей, пов'язаних із зміною параметрів функціонування геохімічних ландшафтів під

антропогенного впливом ґрунтується на аналізі та оцінці ландшафтно-геохімічної структури території дослідження.

Не зважаючи на широке використання цього терміну у прикладних дослідженнях оцінки екологічного стану природних, антропогенно-зміненних та, власне, антропогенних ландшафтів, однозначного визначення він так і не набув [11]. Найбільш широко використовуваним є визначення, надане Глазовською М. А. [23], що під геохімічною структурою ландшафтів розуміє чергування у географічному просторі ділянок (зон) розсіювання і акумуляції хімічних речовин, їх територіальна диференціація, форма та розміри.

У зв'язку з складністю геохімічної структури ландшафтів для потреб конкретних досліджень окремих її властивостей розрізняють декілька її типів: елементно-компонентну, каскадну, міграційну, бар'єрну [21, 18].

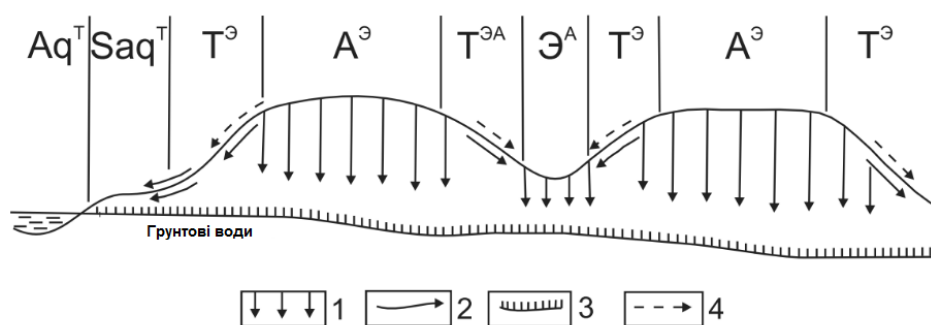
У морфологічному відношенні структуру геохімічного ландшафту складають елементарні геохімічні ландшафти, що, будучи парадинамічно спряженими, пов'язані між собою міграцією хімічних елементів. Елементарний геохімічний ландшафт є морфологічною одиницею найменшої розмірності в межах ландшафтно-геохімічної структури території.

За визначенням Б. Б. Полинова [22] елементарний ландшафт – це частина земної поверхні, що сформована у межах літологічно однорідного елемента рельєфу, що характеризується однаковими умовами зволоження ґрунтового покриву, з одним генетичним типом ґрунтового, під одним видом біоценозу, та певним чином відрізняється від сусідніх ділянок типом міграції хімічних елементів.

Згідно існуючих класифікацій, більшість дослідників [24, 22] виділяє 6 основних видів елементарних геохімічних ландшафтів за характером переносу речовин та вологи, що визначаються положенням у рельєфі (рис. 1.3).

Таким чином, елементарний геохімічний ландшафт є таким територіальним географічним комплексом, що розташований в межах

частини мезоформи рельєфу, що має єдині геоморфометричні показники, та характеризується однаковим режимом зволоження та іншими названими вище факторами, що визначають однорідність вмісту та міграції хімічних елементів в ґрунтовому покриві.



Види елементарних ландшафтів

$A^Э$ – автономно елювіальний; $Э^A$ – елювіально-аккумулятивний;
 $T^Э$ – транселювіальний; S_{aq}^T – транссупераквальний;
 $T^{ЭA}$ – транселювіально- Aq^T – трансаквальний (річка);
 аккумулятивний;

Характер переносу речовин із вологою, що інфільтрується через товщу ґрунту і приповерхневих геологічних відкладів

1 – у вертикальному напрямку; 3 – горизонт ґрунтових вод ;
 2 – у боковому напрямку; 4 – поверхневий перенос речовин.

Рис. 1.3 – Схема розподілу типів елементарних ландшафтів в залежності від позиції в рельєфі [13]

Ландшафтні комплекси урбогеосистем є типовими прикладами корінним чином антропогенно змінених ландшафтів [11]. У геохімічному відношенні антропогенний вплив проявляється у зміні хімічних параметрів функціонування як ландшафту в цілому, так і різних його компонентів або елементів [25].

В першу чергу, антропогенний вплив на ландшафтні комплекси призводить до трансформації геохімічного середовища ґрунтового покриву [26]. Внаслідок антропогенізації, у міських ґрунтах спостерігаються

такі зміни природних процесів, що визначають режими їх функціонування та здатність до самовідновлення.

Внаслідок впливу антропогенних факторів техногенезу відбувається спрощення структури ландшафтно-геохімічної структури території, зменшується її різноманіття та внутрішній склад елементарних геохімічних ландшафтів.

Інший аспект, формування еколого-геохімічного стану міських ландшафтів є потрапляння внаслідок розсіювання техногенних потоків всередині урбогеосистеми забруднюючих речовин та сполук-політанів на поверхню міських ґрунтів (сполук важких металів, нафтопродуктів, пестицидів тощо). Це призводить до їх потрапляння та концентрації у приповерхневих горизонтах, зокрема у гумусовому, що створює умови для формування поля забруднення.

1.2. Сучасний стан вивченості ступеню забруднення ґрунтового покриву міських ландшафтів України

Дослідження екологічного стану міських ландшафтів, що ґрунтується на основі встановлення концентрації важких металів є поширеною практикою. Коротко розглянемо накопичений досвід наукових досліджень, що був одержаний в рамках досліджень українських міст.

Відомий досвід Л. М. Бортнік [1] в рамках якого здійснювалась екологічна оцінка урболандшафтів міста Харкова за вмістом важких металів у системі ґрунт-рослина. Вимірюванню підлягав вміст хімічних елементів: Ni, Cr, Mn, Co, Zn, Cu, Pb у зразках ґрунту та рослинності експресним методом, який розроблений на базі ренген-флюоресцентного спектрофотометру СРМ-25.

Подібні дослідження вмісту важких металів в ґрунтах урбоєкосистеми м. Ковеля здійснювались С. С. Волощинською [2]. Натомість, додатковим етапом проводився кореляційний та кластерний аналіз, що дозволив

виявити педохімічні фактори вмісту важких металів. Так, виявлено, що визначальними для кількості важких металів показниками ґрунтів урбоєкосистеми є вміст калію, гумусу та азоту, а також кислотність. Всі вони впливають на рухомість важких металів і форми їх знаходження в ґрунтах. Фосфатизація ґрунтового покриву урбоєкосистеми кардинально змінює властивості ґрунтів та опосередковано впливає і на кількість важких металів.

Оригінальний підхід до оцінки рівня забруднення ґрунту важкими металами в межах міської системи м. Херсон запропонували Ю. В. Пилипенко та С. В. Скок [3]. Цей підхід складався із 3 змістовних та послідовних етапів:

– Виявлені в ході лабораторного аналізу концентрації важких металів аналізувались у розрізі функціональних зон міста : I – селітебна зона з багатоповерховою забудовою, II – промислова зона, III – селітебна зона із змішаною забудовою, VI – зона транспортного навантаження, V – зона загальноміського центру, IV – селітебна острівна зона, VII – приміська зона.

– Комплексну оцінку екологічного стану ґрунтів здійснювали згідно розрахунку сумарного показника поліметалічного забруднення, Z_c ;

– На основі одержаних результатів розроблялись заходи зменшення антропогенного пресингу на територіях, де спостерігали перевищення межі ГДК вмісту важких металів, шляхом зміни застарілих неефективних технологій промислового виробництва, правильної організації вулично-дорожньої системи руху автомобілів, посиленого контролю щодо продажу якісного пального, збільшення площ зелених насаджень.

Схожу у методичному підході, проте відмінну за власне самим методом дослідження роботу опубліковано М. М. Харитоновою та Л. В. Шупрановою [4]. В рамках даного дослідження встановлювались особливості аеротехногенного забруднення ґрунтів у промислових зонах м. Покров і Дніпро на основі визначення сумарної токсичності важких металів проведена з використанням проростків редису у якості біотесту.

І. М. Котвіцька [5] у дослідженні вмісту важких металів в ґрунтах Київського мегаполісу, звернула увагу на те, що характерною рисою урболандшафтів є те, що первинний склад ґрунтів суттєво змінений не тільки процесами рельєфоутворення, а і техногенною діяльністю людини. Так, серед факторів, що визначають акумуляцію важких металів у містах названо наявність намівних ґрунтів, промислові відходи підприємств, будівельні та інші роботи, пов'язані з переміщенням ґрунтових мас, теплота енергогенеруючих об'єктів, побутові відходи, тощо.

На просторову конфігурацію поширення вмісту важких металів у ґрунтах на території селітебної зони м. Житомир звернули увагу Л. О. Герасимчук та Р. А. Валерко [6]. Вони встановили, що міцнофіксовані форми міді, свинцю та цинку, які виявлені у складі урбаноземів агроселітебних ландшафтів м. Житомир мають нерівномірний мозаїчний характер. Інтерпретація цього явища пов'язувалась авторами із наявністю значної кількості локальних джерел забруднення за умови превалювання процесів акумуляції поллютантів в агроселітебних ландшафтах над процесами їх розсіювання.

Системний підхід до оцінки забруднення важкими металами ґрунтів Харківської області запропоновано О. В. Рибаловою та К. М. Коробкіною [8]. Авторками розроблена методика оцінки ступеня небезпеки забруднення ґрунту цими токсикантами за рівнем їх можливого впливу на системи «ґрунт – рослина», «ґрунт - мікроорганізми, біологічна активність», «ґрунт - ґрунтові води», «ґрунт - атмосферне повітря» і опосередковано на здоров'я людини. Для оцінки небезпеки забруднення ґрунтів вибір хімічних речовин має проводитись з обліком специфіки джерел забруднення; пріоритетності забруднювачів у відповідності зі списком граничнодопустимих концентрацій (ГДК) хімічних речовин у ґрунті; характером землекористування.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Методи відбору та хімічного аналізу зразків ґрунтового покриву

Відбір проб ґрунту здійснювався згідно вимог ДСТУ ISO 10381-5: Якість ґрунту. Пробовідбирання. Частина 5. Настанови з процедури дослідження міських та промислових ділянок щодо забруднення ґрунту (ISO 10381-5:2005, IDT) із дотриманням правил безпосередньо відбору, зберігання та транспортування зразків.

Зразки ґрунтового покриву відбиралися методом ґрунтового розрізу незначної глибини (до 30 см), при цьому способом можливо розкрити лише верхні горизонти ґрунтового профілю. Відбір зразків відбувався шпателем з прикопки на глибинах 10, 20 та 30 см. Відібрані зразки ґрунтового субстрату, загальною вагою 500 г, ретельного перемішувались. Для кожного із зразків ґрунту заповнювався супровідний талон, в якому зазначено місце відбору, номер пробного майданчика та особливості, виявлені під час відбору.

Хімічний аналіз, зразків ґрунтового покриву, відібраних вході даної роботи, здійснювався у атестованій навчально-дослідній лабораторії аналітичних екологічних досліджень Навчально-наукового інституту екології Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна.

Атомно-абсорбційним методом з електротермічною атомізацією з використанням атомно-абсорбційного спектрометра модифікації МГА-915МД були отримані дані по специфічних показниках токсичної дії (Fe, Cu, Zn, Pb, Cd, Mn, Cr, Ni, Co). Метод заснований на резонансному поглинанні (абсорбції) випромінювання від джерела вільними атомами визначаємих елементів, що утворюються в процесі електротермічної атомізації в графітовій кюветі спектрометра при введенні в неї підготовленої аналізованої проби з подальшим кількісним перетворенням аналітичного сигналу в значення маси елемента за допомогою попередньо установленюю градууювальною характеристикою. Цю характеристику встановлюють з

використанням градувальних розчинів, отриманих розведенням стандартних зразків складу водних розчинів елементів. На рис. 2.1 зображено прилад, що був використаний у дослідженні.



Рис. 2.1 – Зовнішній вигляд атомно-абсорбційного спектрометра
МГА – 915 МД

Хіміко-аналітичні дослідження проб здійснювались на основі атестованих методик аналізу зразків ґрунтового покриву. У ході хімічного аналізу встановлювався вміст рухомих форм іонів хрому, цинку, купруму та свинцю.

2.2. Визначення схеми відбору зразків ґрунтового покриву

Вибір місць відбору зразків ґрунтового покриву ґрунтувався на методологічній основі побудови рівномірної мережі пунктів дослідження, які визначені із врахуванням характеристик ландшафтно-геохімічної структури та охоплюють всю територію дослідження.

Відповідно до методологічної основи побудови рівномірної мережі пунктів дослідження, здійснено процедуру визначень місць відбору проб.

2.3. Методи геоінформаційного моделювання та оцінки результатів хімічного аналізу зразків

Інтерполяція прогнозує значення осередків растра з обмеженої кількості точок даних зразків. Він може використовуватися для прогнозування невідомих значень для будь-яких географічних точкових даних, наприклад, висоти, кількості опадів, хімічної концентрації і рівня шуму.

Геоінформаційне моделювання просторового поширення хімічних аналізу зразків відбувалося у геоінформаційній системі ArcGIS 10.3. Методом інтерполяції є емпіричний байесовський крігінг.

Емпіричний байесівський крігінг (ЕБК, Empirical Bayesian kriging) – це метод геостатистичної інтерполяції, що автоматизує найбільш трудомісткі аспекти побудови коректної моделі крігінгу. Інші методи крігінгу в модулі Geostatistical Analyst вимагають ручного зміни параметрів для досягнення точних результатів, в той час як метод ЕБК автоматично обчислює ці параметри шляхом розбиття даних на піднабори і моделювання даних.

Крім того, емпіричний байесовський крігінг відрізняється від інших методів крігінгу тим, що враховує помилку, пов'язану з оцінкою основний варіограмми. Інші методи крігінгу розраховують варіограмму на основі відомих місць розташування даних і використовують цю єдину варіограмму для прогнозування в невідомих місцях розташування; даний процес неявно передбачає, що розрахункова варіограмма є істинною для регіону інтерполяції. Не враховуючи невизначеність розрахунку варіограмми, інші методи крігінга недооцінюють стандартні помилки інтерполяції.

ЕБК надається в складі майстра геостатистики і в якості інструменту геообробки. Даний метод інтерполяції має наступні переваги і недоліки:

Переваги:

- Потрібно мінімум інтерактивного моделювання;

- Стандартні помилки інтерполяції менше в порівнянні з іншими методами крігінгу;
- Можливість точного інтерполяції помірно нестационарних даних;
- Більш висока точність для невеликих наборів даних в порівнянні з іншими методами крігінга.

Недоліки:

- Час обробки швидко зростає зі збільшенням числа вхідних точок, розміру поднабора або коефіцієнта перекриття. Застосування перетворення також збільшить час обробки, особливо якщо для типу варіограми обрані К-Бесселя або К-Бесселя з виключеним трендом. Обробка відбувається повільніше, ніж в інших методах крігінга, особливо при виведенні в растр;
- Кокрігінг і анізотропна корекція недоступні;
- Логарифмічні емпіричне перетворення особливо чутливо до випадних значенням. Якщо це перетворення застосовується до даних з випадними значеннями, результати інтерполяції можуть відрізнятись від значень вхідних точок на кілька порядків.

Оцінка екологічного стану ландшафтів за результатами дослідження вмісту рухомих форм важких металів у ґрунтового покриві здійснювалась за допомогою обчислення показника сумарного забруднення (Z_c). Даний показник визначався за формулою 2.1:

$$Z_c = |\sum K_c - (n - 1)| \quad (2.1)$$

де n – кількість металів, що визначають;

K_c – арифметична сума коефіцієнтів концентрації окремих металів, що визначається діленням фактичного вмісту металу в ґрунті (мг/кг) на фоновий вміст металу.

Шкалу оцінки небезпеки забруднення важкими металами за сумарним показником забруднення (Z_c) наведено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Критерії оцінки екологічного стану за показником сумарного показнику забруднення (Z_c)

Категорія оцінки	Значення показника Z_c	Забруднення відносно МДК
I. Допустима	< 16,0	Вміст хімічних речовин у Ґрунті перевищує фонове, але не вище МДК
II. Помірно небезпечна	16,1-32,0	Вміст хімічних речовин в Ґрунті перевищує ГДК при лімітуючому загальносанітарному і міграційному водному показнику шкідливості, не нижче ГДК за транслокаційним показником
III. Високо-небезпечна	32,1-128,0	Вміст хімічних речовин у Ґрунті перевищує ГДК за лімітуючого транслокаційного показника шкідливості
IV. Надзвичайно небезпечна	> 128	Вміст хімічних речовин у Ґрунті перевищує ГДК за всіма показниками

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ АНАЛІЗ

3.1. Територіальна ландшафтно-геохімічна структура території Шевченківського району м. Харків

На основі топологічного аналізу якісних ознак гіпсометричного рівня рельєфу, ухилу та кривизни земної поверхні, рівня ґрунтових вод та характеру надходження речовин нами було встановлено структуру елементарних геохімічних ландшафтів, що за своїми функціональними особливостями класифіковані у три групи: автономні, транзитні та акумулятивні. Результатом визначення територіальної структури та встановлення меж поширення елементарних геохімічних ландшафтів стала укладена нами картографічна модель ландшафтно-геохімічної структури території дослідження, представлена на рис. 3.1.

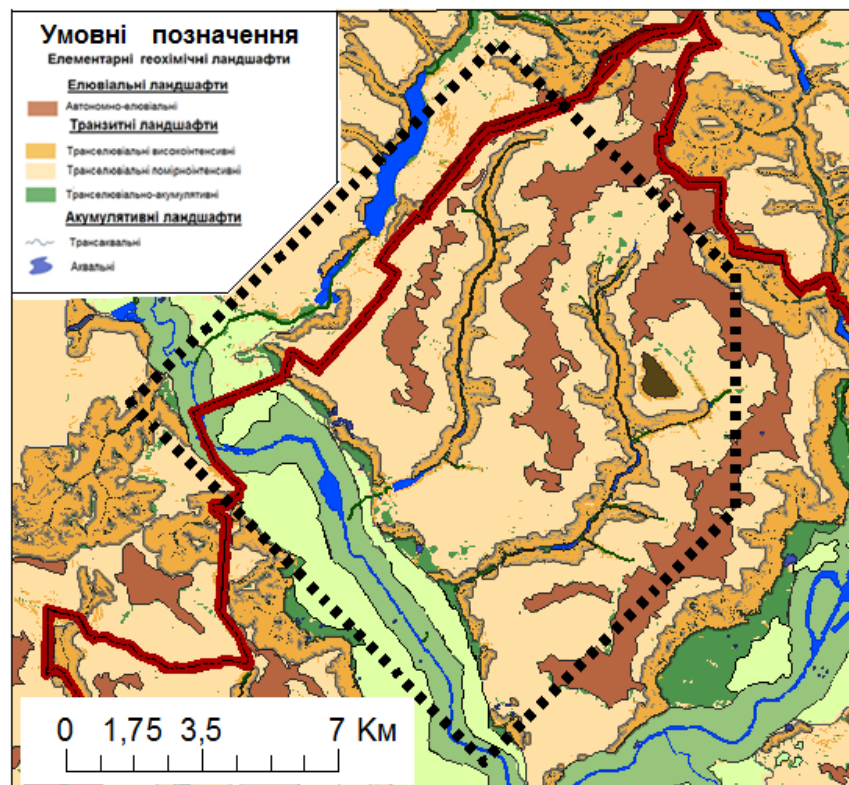


Рис. 3.1 – Ландшафтно-геохімічна структура Шевченківського району м. Харків

3.2. Результати хімічного аналізу зразків ґрунтового покриву Шевченківського району м. Харків

Відповідно до результатів хіміко-аналітичних випробувань жоден із проаналізованих зразків ґрунтового покриву на вміст рухомих форм хрому, міді, цинку та свинцю не виявив перевищення гранично-допустимих концентрацій.

Результати дослідження щодо вмісту іонів хрому у ґрунтовому покриві території дослідження виявили, що вона коливається від 0,02 до 0,059 мг/кг (рис. 3.2). Середнє значення для території – 0,01125 мг/кг.

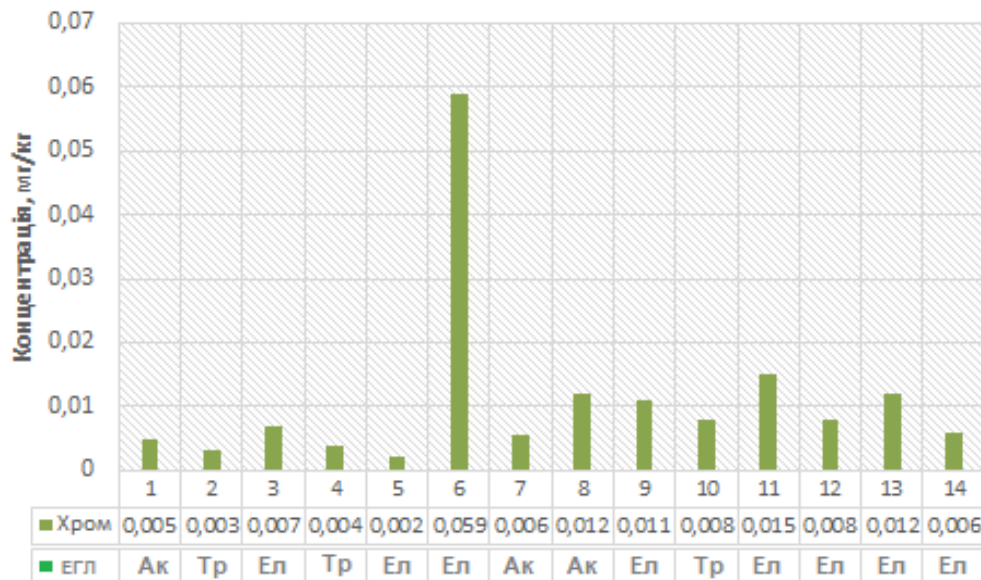


Рис. 3.2 – Концентрації рухомої форми іонів хрому у поверхневому шарі ґрунтів (0-30 см)

Найвища концентрація з виявлених спостерігається у зразку №6, що локалізований у елювіальному елементарному ландшафті, який розташовується поблизу телевізійної вежі у північно-східній частині Лісопарку. Також, у порівнянні до решти зразків високий рівень концентрації вмісту хрому спостерігається у зразках 9, 11, 12, 13 та 14, що належать також до елювіального геохімічного типу. Підвищення концентрацій у

елементарних геохімічних ландшафтах акумулятивного типу зразків №1, 7 не виявлено, окрім зразка № 8.

Результати дослідження щодо вмісту іонів міді у ґрунтовому покриві території дослідження виявили, коливання у діапазоні від 0,0135 до 0,242 мг/кг (рис. 3.3). Середнє значення для території – 0,0090521 мг/кг.

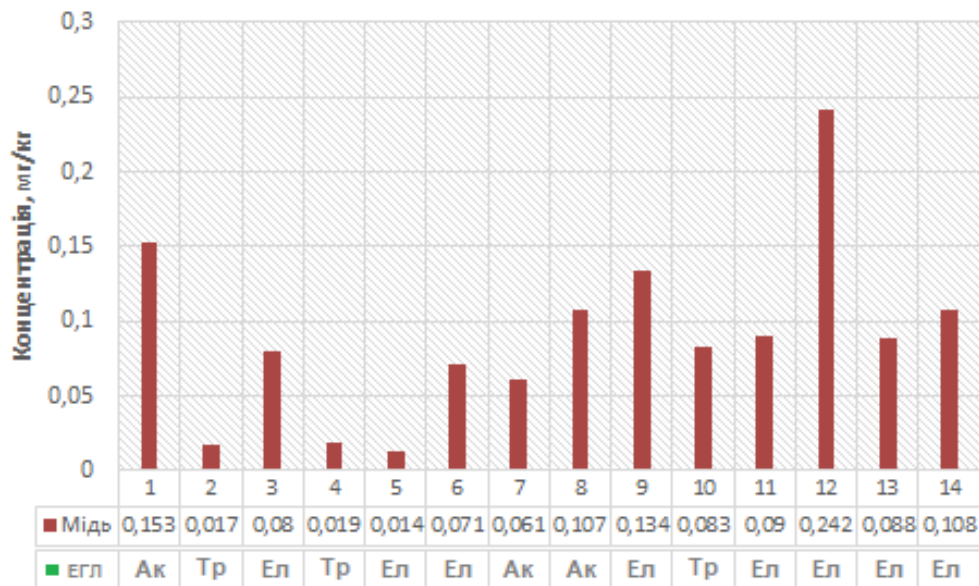


Рис. 3.3 – Концентрації рухомої форми іонів міді у поверхневому шарі ґрунтів (0-30 см)

Максимальна концентрація міді виявлена у зразку №12, що відповідає елювіальному типу ландшафтних смуг. На високий вміст свинцю, вірогідно, міг вплинути факт близького розташування до підприємства фармацевтичної галузі ТОВ «Біолек». Другим за величиною концентрації є зразок №1, що розташовується у заплаві р. Лопань та відноситься до акумулятивного класу ландшафтних комплексів. Це, можливо, і є причиною такої концентрації, адже поблизу не має високо інтенсивних видів землекористування.

Результати дослідження щодо вмісту іонів цинку у ґрунтовому покриві території дослідження виявили, коливання у діапазоні від 0,315 до 2,355 мг/кг (рис. 3.2). Середнє значення для території – 1,1974 мг/кг.

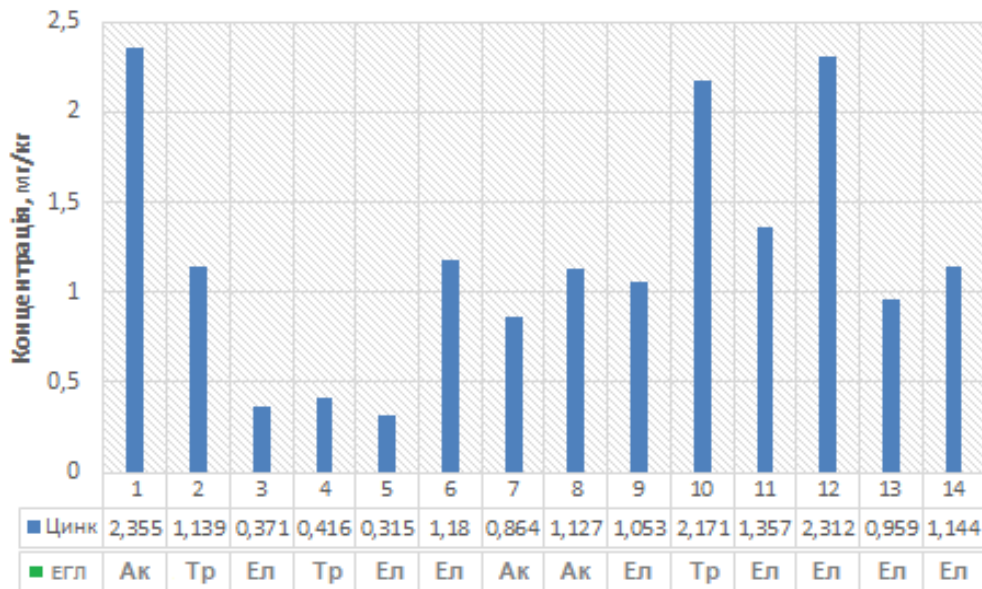


Рис. 3.4 – Концентрації рухомої форми іонів цинку у поверхневому шарі ґрунтів (0-30 см)

Найвищі концентрації зафіксовані у зразках №1 (акумулятивний тип), 10 (транзитний тип) та 12 (елювіальний тип). Це дозволяє стверджувати, що характер територіального поширення вмісту іонів цинку не прямо залежний від типу геохімічного режиму ландшафтів. Так, концентрацію у зразку №1 можна пояснити переважним характером акумуляції речовин, тоді коли на вміст цинку у зразку № 10, вірогідно, впливає близькість до автомобільної дороги (Білгородське шосе), а на зразок № 10 – невизначений фактор.

Результати дослідження щодо вмісту іонів свинцю у ґрунтовому покриві території дослідження виявили, коливання у діапазоні від 0,0006 до 0,439 мг/кг (рис. 3.2). Середнє значення для території – 0,10856 мг/кг.

Максимальна концентрація свинцю виявлена у зразках №8 та №7. Обидва зразки розташовані на територіях акумулятивних елементарних ландшафтів із високоінтенсивних видах землекористування – промислової площадки та залізничної колії.

Спостерігається виражений характер того, що на високий вміст концентрації впливає саме акумулятивний характер елементарних ландшафтів.

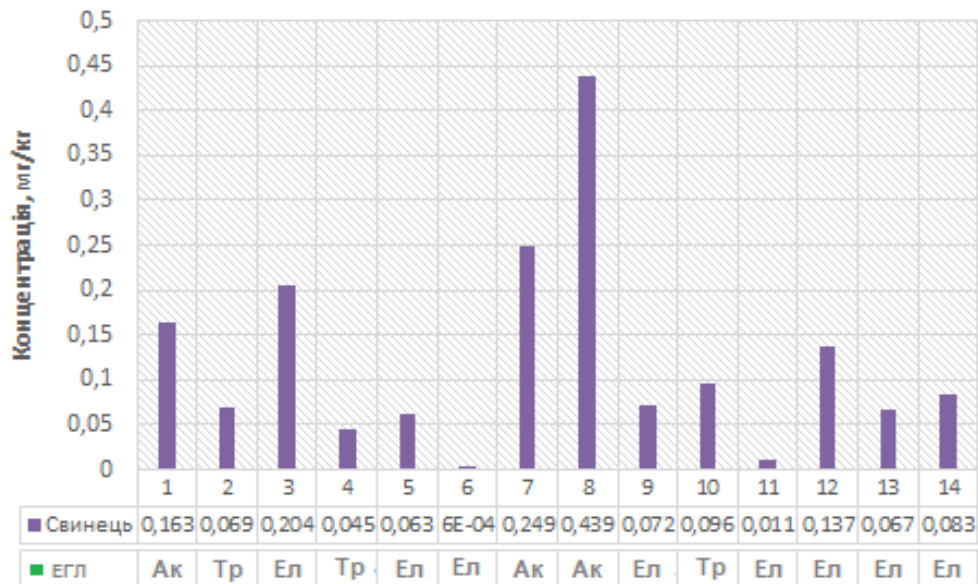


Рис. 3.5 – Концентрації рухомої форми іонів свинцю у поверхневому шарі ґрунтів (0-30 см)

Серед елювіальних ландшафтів відносно високі концентрації виявлені у зразках №3 (розташований поблизу автошляху вул. Клочківська) та №12 (розташований поблизу ТОВ «Біолек»).

3.3. Геоінформаційні моделі розподілу вмісту важких металів у ґрунтовому покриві Шевченківського району м. Харків

У ході статистичного аналізу даних, виявлено, що одержані результати на підпорядковуються нормальному (гаусовому) розподілу. То ж для цілей геостатистичного моделювання дані були трансформовані за допомогою логарифмічної функції.

На основі операцій моделювання методом емпіричного баєсівського кригінгу у середовищі геоінформаційної програми ArcGis 10.3 (ESRI) побудовані прогностичні моделі, що дозволяють припускати значення на ділянках, не охоплених у ході дослідження.

На рис. 3.6 зображена картографічний твір, що містить дані геостатистичного прогнозу територіального поширення вмісту іонів хрому.

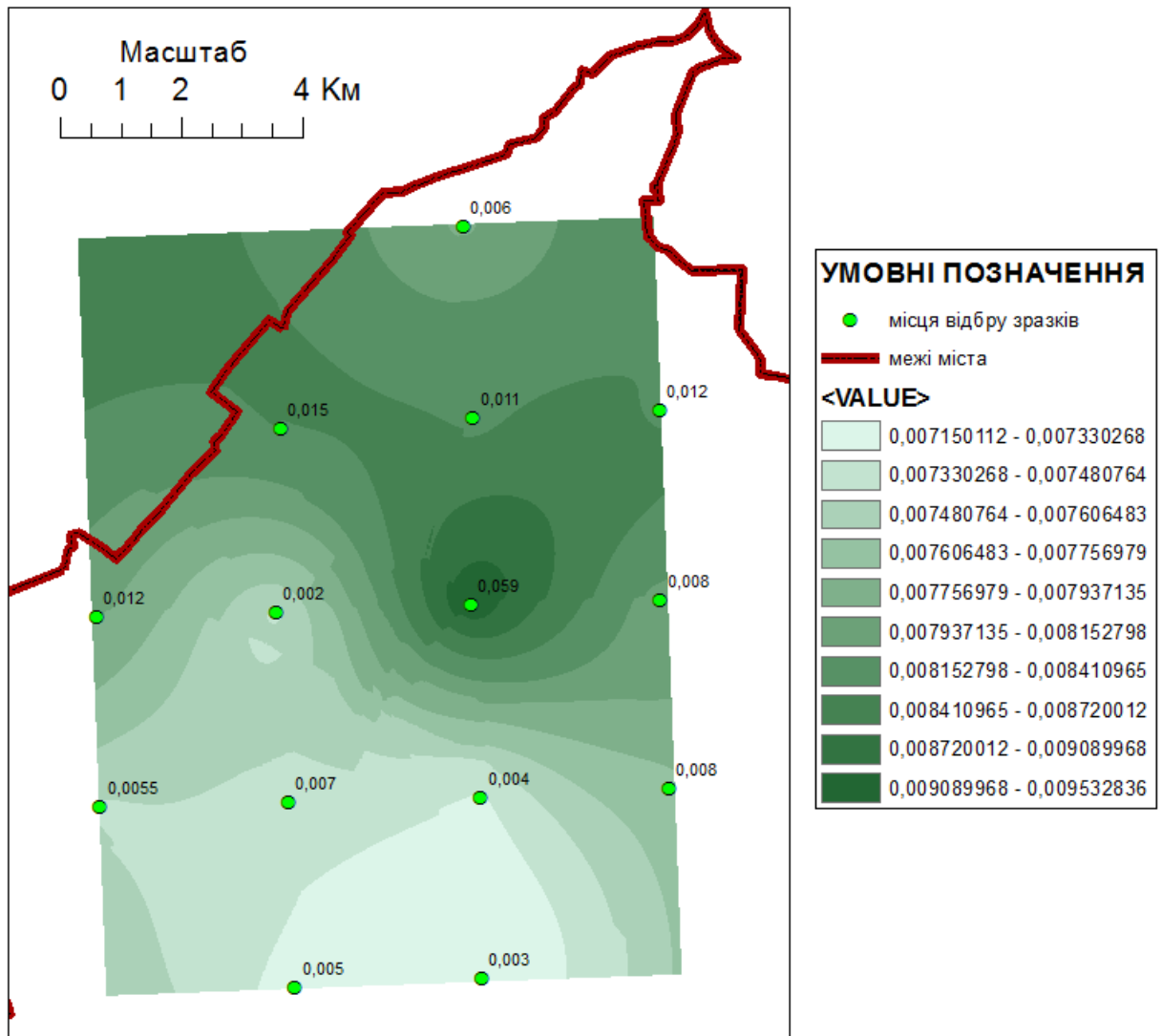


Рис. 3.6 – Прогностична модель розподілу показника вмісту хрому (мг/кг) у поверхневому шарі ґрунтів Шевченківського району м. Харків

З представленої моделі видно, що ареал найвищих концентрацій вмісту іонів хрому знаходиться довкола зразка №6 та тягнеться вузькою смугою у північно-західному напрямку та широкою – на північний схід.

Переважання мінімальних концентрацій прогнозується у низинних місцезолюваннях елементарних геохімічних ландшафтів акумулятивного типу.

Територіальне поширення вмісту іонів міді на території Шевченківського району м. Харків у вигляді картографічної моделі-прогнозу наведена на рис. 3.7.

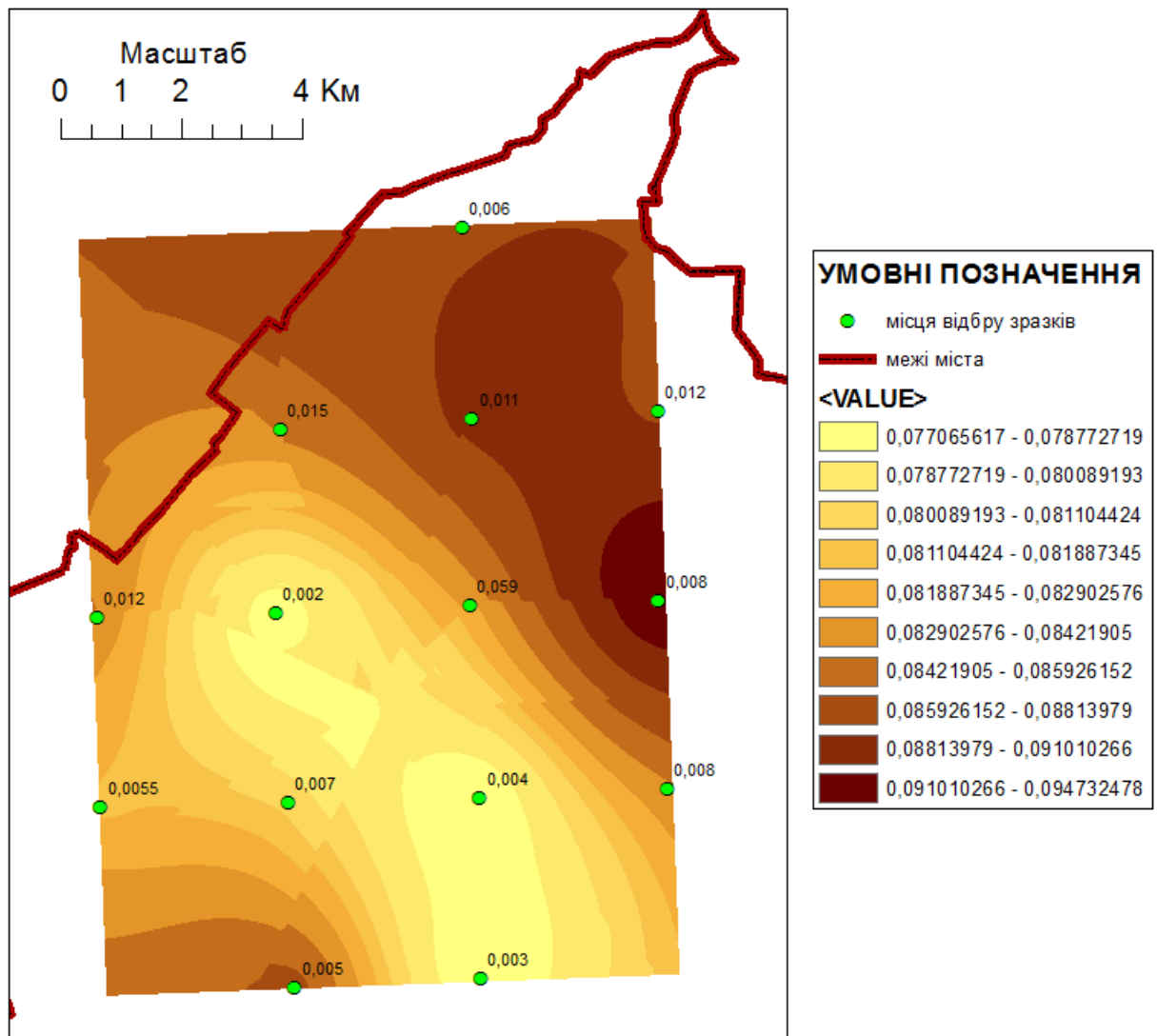


Рис. 3.7 Прогностична модель розподілу показника вмісту міді (мг/кг) у поверхневому шарі ґрунтів Шевченківського району м. Харків

Максимальні «пікові» значення вмісту іонів міді у рухомій формі, що здатні до акумуляції, прогнозуються навколо місця взяття зразка № 12. Загальний тренд поширення високих значень згідно прогнозу поширюється широким лініаментом, що простягається у північно-західному напрямку.

Найнижчі концентрації іонів міді здебільшого передбачаються у низинних місцеположеннях долини р. Лопань, зокрема заплави та близьких до неї надзаплавних терас.

Прогностична модель розподілу показника вмісту цинку представлена на рис. 3.8.

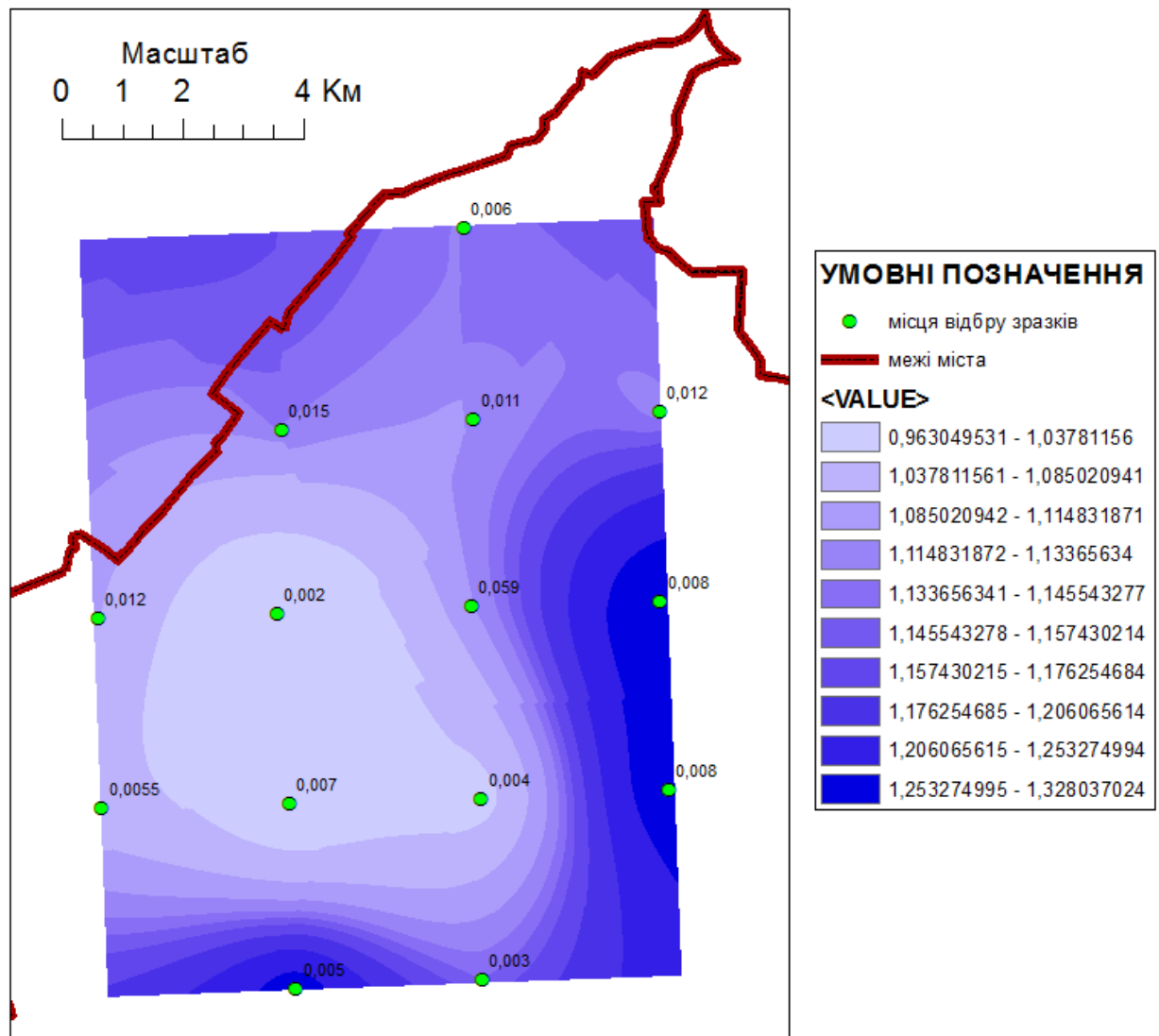


Рис. 3.8 – Прогностична модель розподілу показника вмісту іонів цинку (мг/кг) у поверхневому шарі ґрунтів Шевченківського району м. Харків

В межах території здійснюваного статистчного прогнозу можна виділити два відмінні ареали: із низькими та із високими значеннями концентрації.

Геохімічна плямиста структура із низькими концентраціями має колоподібну конфігурацію та займає території в центрі та у західні частині досліджуваного району.

Ареал відносно високих концентрацій іонів цинку локалізується довкола місць відбору зразків №1, 10 та 12.

На рис. 3.9 представлено статистичну модель поширення іонів свинцю на території дослідження.

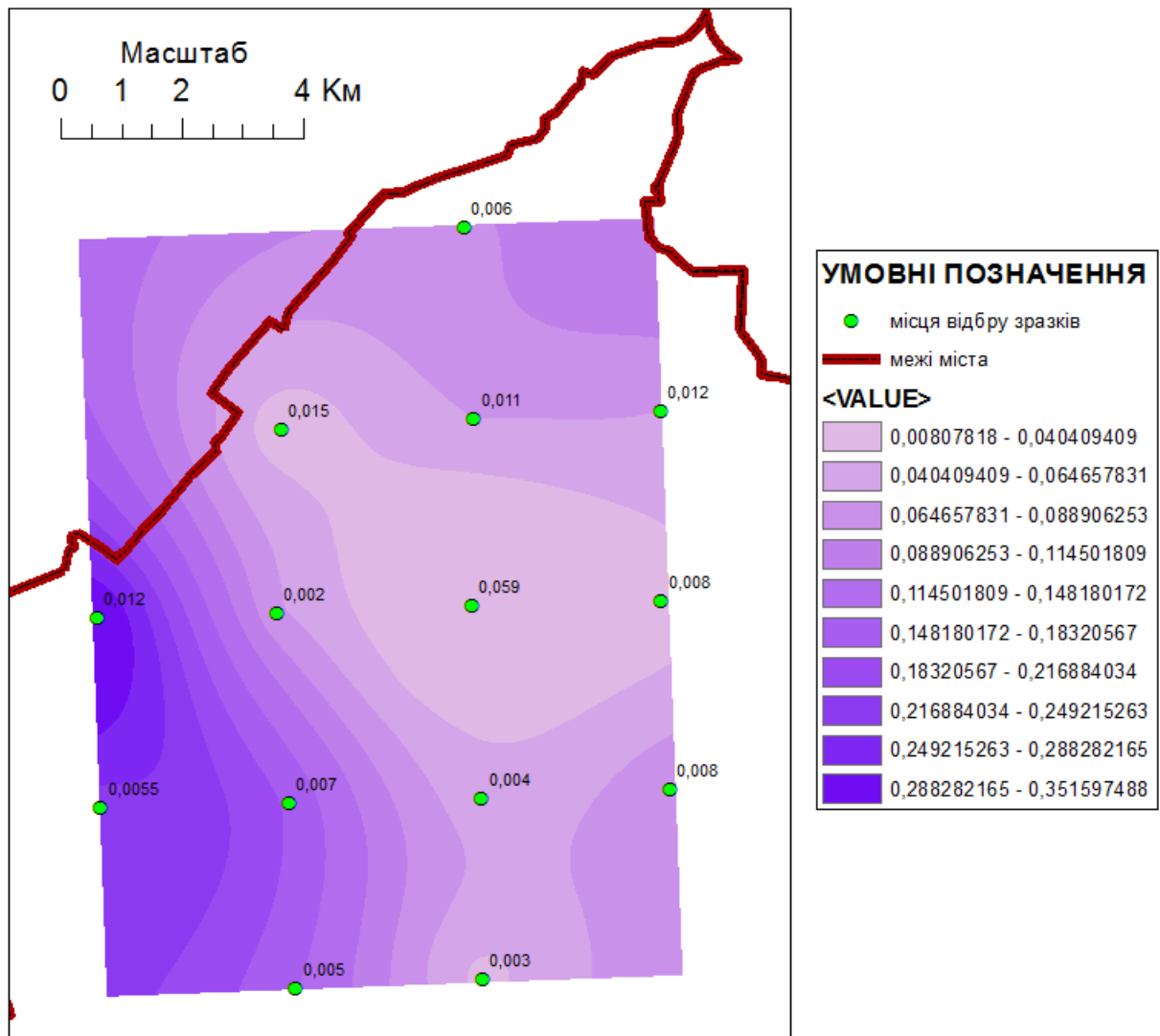


Рис. 3.9 – Прогностична модель розподілу показника вмісту іонів свинцю (мг/кг) у поверхневому шарі ґрунтів Шевченківського району м. Харків

Найбільшу частку території модельного полігону займає зона із найменшими концентрації свинцю. Ця зона за формою подібна на трикутних ребра якого проходять між місцями відбору зразків №11, 13 та 2.

Найвищі концентрації прогнозуються у долинній частині досліджуваного району, зокрема, довкола місць відбору зразків №7 та 8, що знаходяться у західній частині полігону дослідження.

3.4. Оцінка екологічного стану геохімічних ландшафтів території Шевченківського району м. Харків

Результати обчислення значення коефіцієнту показника сумарного забруднення іонами хрому, цинку, міді та свинцю у рухомих формах наведені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Розрахункові дані показника сумарного забруднення іонами хрому, цинку, міді та свинцю у рухомих формах території Шевченківського району

№	Kc Cr	Kc Zn	Kc Cu	Kc Pb	Kc сум	Zc
1	0,05	2,478947	0,306	0,326	3,160947	0,160947
2	0,03	1,198947	0,034	0,138	1,400947	1,59905
3	0,07	0,390526	0,16	0,408	1,028526	1,97147
4	0,04	0,437895	0,038	0,09	0,605895	2,39411
5	0,02	0,331579	0,027	0,126	0,504579	2,49542
6	0,59	1,242105	0,142	0,0012	1,975305	1,02469
7	0,055	0,909474	0,122	0,498	1,584474	1,41553
8	0,12	1,186316	0,2144	0,878	2,398716	0,60128
9	0,11	1,108421	0,268	0,144	1,630421	1,36958
10	0,08	2,285263	0,166	0,192	2,723263	0,27674
11	0,15	1,428421	0,1808	0,022	1,781221	1,21878
12	0,08	2,433684	0,484	0,274	3,271684	0,271684
13	0,12	1,009474	0,1764	0,134	1,439874	1,56013
14	0,06	1,204211	0,216	0,166	1,646211	1,35379

То ж, підсумуємо, що за результатами обчислення значень показника сумарного забруднення за досліджуваними важкими металами встановлено, що всі проаналізовані зразки відповідають найліпшій оцінці – допустимий екологічний стан.

ВИСНОВКИ

Геохімічне середовище сучасного міста – це штучно створене середовище. Екологічні умови та фактори в містах різко відрізняються від первинних природних, то ж в рамках еколого-геохімічних досліджень міста розглядаються як урбогеосистеми. Одним із «індикаторних» у еколого-геохімічному відношенні компонентів природної підсистеми урбогеосистеми міста є ґрунтовий покрив, що виступає основним середовищем депонування забруднюючих та токсичних речовин в ландшафті. Екологічний стан ґрунтового покриву може бути визначений шляхом встановлення педохімічних показників його функціонування.

Проведено експериментальні дослідження із встановлення еколого – геохімічного стану ґрунтового покриву Шевченківського району м. Харків. Закладено рівномірну сітку відбору зразків ґрунту на, що охоплює всі види елементарних геохімічних ландшафтів території дослідження. В ході проведення польового етапу закладено 14 ґрунтових прикопок, зразки відібрані методом середньої точкової проби на глибинах 10, 20 та 30 см. Відповідні еколого-аналітичні дослідження проводились для визначення показників вмісту іонів хрому, цинку, міді та свинцю у рухомих формах.

Визначено ландшафтно-геохімічну структуру території Шевченківського району м. Харків, укладено відповідний картографічний твір. На території дослідження виявлено 6 видів елементарних геохімічних ландшафтів (автономно-елювіальні, транселювіальні високоінтенсивні, транселювіальні помірноінтенсивні, транселювіально-аккумулятивні, аквальні та трансаквальні), що класифіковані у три типи: автономні, транзитні та аккумулятивні. Домінантними видом геохімічних ландшафтів є автономно - елювіальний вид автономного типу, транзитні ландшафти є субдомінантними, менш поширені ландшафти аккумулятивного типу.

Одержані результати хіміко-аналітичних досліджень стали основою для побудови геоінформаційної моделі просторового розподілу важких металів

геостатистичної інтерполяції методом байєсівського крігінгу у середовищі ArcGIS 10.3. Укладені картографічні твори дали змогу проаналізувати просторові тенденції поширення іонів важких металів у ґрунтового покриві Шевченківського району м. Харків хімічних аналізів зразків ґрунту засобами геоінформаційної системи ArcGis 10.0 методом інтерполяції побудовані відповідні картографічні моделі просторового розподілу досліджуваних показників.

Оцінка обчислення значень показника сумарного забруднення за досліджуваними важкими металами для проаналізованих зразків ґрунтового покриву на території дослідження встановлено, що всі проаналізовані зразки відповідають найліпшій оцінці. То ж, в результаті еколого-геохімічного дослідження ландшафтів Шевченківського району м. Харків, встановлено, що екологічний стан можна оцінити як задовільний та безпечний.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бортнік Л. М. Екологічна оцінка урболандшафтів за вмістом важких металів у системі ґрунт-рослина (на прикладі міста Харкова) : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. н. Дніпропетровськ: Дніпропетровський державний університет, 1999.
2. Волощинська С. С. Важкі метали в ґрунтах урбоекосистеми м. Ковеля. *Біологічні системи*. Т. 4. 2012. Вип. 2. С. 145–148.
3. Пилипенко Ю. В., Скок С. В. Оцінка рівня забруднення ґрунту важкими металами в межах міської системи (на прикладі м. Херсон). *Збірник наукових праць Харківського національного педагогічного університету імені Г.С. Сковороди*. 2015. Вип. 17 С. 138–145.
4. Харитонов М. М., Шупранова Л. В. Особливості аеротехногенного забруднення ґрунтів важкими металами поблизу промислових зон. *Наукові праці. Екологія*. 2012. Вип. 167. Т. 179. С. 51–54.
5. Котвіцька І. М. Важкі метали в ґрунтах київського мегаполісу. *Пошукова та екологічна геохімія*. 2003. С. 79–81.
6. Валерко Р. А. Забруднення важкими металами ґрунтового покриву і фітоценозів на території м. Житомира та прилеглих до нього агроєкосистем. *Сторінка молодого вченого*. 2008. С. 356–366.
7. Гомонай В. І., Ходаковський В. С., Лобко В. Ю. Вміст важких металів в ґрунтах м. Ужгорода. *Вісник УжНУ. Серія Хімія*. 2005. Вип 13. С. 74–76.
8. Рибалова О. В., Коробкіна К. М. Новий підхід до оцінки забруднення ґрунтів важкими металами. *Topical Problems of Modern Science*. 2017. Vol.5. P. 86–89.
9. Поняття інтерполяції. ArcMap : веб-сайт. URL: <https://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/10.3/tools/3d-analyst-toolbox/understanding-interpolation-analysis.htm> (дата звернення: 03.04.2020).

10. Що таке емпіричний байєсовський крігінг? ArcMap : веб-сайт. URL: https://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/10.6/extensions/geostatistical_analyst/what-is-empirical-bayesian-kriging-.htm (дата звернення: 03.04.2020).
11. Сорокіна Л. Ю., Рога І. В. Методика дослідження та картографування геохімічної структури антропогенно змінених ландшафтів (на прикладі Західного Поділля). *Український географічний журнал*. 2011. С. 16–24.
12. Сукманова Е. А. Историко-ландшафтный анализ урбанизированной территории : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. геогр. н. Калуга, 2007. С. 20.
13. Беус А. А. Геохимия окружающей среды. М.: Недра. 1976. С. 248.
14. Гуцуляк В. М. Ландшафти Чернівецької області та її геохімічні особливості. *Науковий вісник Чернівецького університету*. 2012. Вип. 587–588. С.144
15. Перельман А. И., Касимов Н. С. Геохимия ландшафта : учебник. МГУ, 1999. 610 с.
16. Соболева Н. П., Языков Е. Г. Ландшафтоведение : учебное пособие. Томск: Томский политехнический университет, 2010. 184 с.
17. Стольберг Ф. В. Экология города : учебник. Киев: Либра, 2000. 464 с.
18. Малишева Л. Л. Геохимия ландшафтов: навч. посібник. К.: Либідь, 2000. 472 с.
19. Клещ А. А., Максименко Н. В., Гоголь О. М., Михайлова К. Ю. Особенности ландшафтно-экологического планирования территорий различного функционального назначения. *География, Экология, Туризм: теория, методология, практика* : материалы міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 25-річчю географічного факультету Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка (21-23 травня 2015 р.). Тернопіль: СМП «Тайп», 2015. С. 249–251.

20. Марцинкевич Г. И. Ландшафтоведение : учебное пособие для студентов географического факультета специальности. Минск: Белорусский государственный университет, 2005. 200 с.

21. Малишева Л. Л. Ландшафтно-геохімічна оцінка екологічного стану територій : монографія. К.: РВЦ «Київський університет», 1997. 264 с.

22. Саєт Ю. Е. Ревич Ю. Е., Янин Е. П. Геохимия окружающей среды. М.: Недра, 1990. 335 с.

23. Глазовская М. А. Ландшафтно-геохимические системы и их устойчивость к техногенезу. Биогеохимические циклы в биосфере. М.: Наука, 1976. С. 99–118.

24. Преображенский В. С., Мухина Л. И. Современные ландшафты как природно-антропогенные системы. *Известия АН СССР. Серия географическая*, 1984. № 1. С. 19–27.

25. Перельман А. И., Касимов Н. С. Геохимия ландшафта : учебник. М.: Астрель, 1999. 768 с.

26. Глазовская М. А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР : учеб. пособие. М.: Высш. школа, 1988. 328 с.

ДОДАТКИ

