

# Геохімія ландшафтів історичної місцевості Гірка Крістера (м.Київ)

Анастасія Сплодитель<sup>1,2</sup> , Людмила Сорокіна<sup>3</sup> , Олександр Голубцов<sup>3</sup> , Ірина Кураєва<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України, пр. Акад. Палладіна, 34, м. Київ, Україна, 03142

<sup>2</sup> Чорнобильський радіаційно-екологічний біосферний заповідник, вул. Толочина, 28, смт. Іванків, Іванківський район, Київська область, Україна, 07201

<sup>3</sup> Інститут географії НАН України, вул. Володимирська, 44, м.Київ, Україна, 01054

## Реферат

Викладено результати еколого-геохімічного дослідження ландшафтів історичної місцевості Гірка Крістера, що у Подільському районі м.Києва. Метою дослідження є виявлення сучасного стану забруднення цієї території важкими металами – їхнього вмісту у компонентах ландшафтів (грунтах, рослинах, водному середовищі). Охарактеризовано ландшафтну структуру та сучасне використання території. Проаналізовано ступінь забруднення ґрунтів у точках пробовідбору, що розміщені у межах лісостепових ландшафтів лесової рівнини та мішанолісових ландшафтів моренно-воднольодовикової рівнини. Для аналізу використано сумарний показник забруднення (Zc), за яким територія дослідження у цілому має помірно-небезпечний рівень забруднення ґрунтів важкими металами. Найбільша частка належить свинцю та міді, вміст яких в окремих зразках у 2-4 рази перевищує гранично допустимі концентрації. Значний також вміст цинку та нікелю. Сумарне забруднення важкими металами ґрунтів у межах ландшафтів лесових рівнин є дещо вищим, ніж у моренно-воднольодовикових ландшафтах. Результати вивчення мікроелементного складу рослинності Гірки Крістера свідчать, що рослини характеризуються підвищеним вмістом марганцю, титану, міді та свинцю. До рослин з високою здатністю акумулювати важкі метали належать клен гостролистий, щиряця звичайна та бузок. Для аналізу вмісту забруднюючих речовин в поверхневих та підземних водах відбиралися зразки води з природних та штучних водойм, а також з бювету. У водоймах Гірки Крістера виявлено перевищення вмісту важких металів в десятки та сотні разів. Встановлено гідрогеохімічні особливості питних підземних вод. Бюветна вода відповідає вимогам ДСТУ. Перевищення гранично допустимих концентрацій виявлено для сумарної концентрації іонів натрію і калію та для перманганатної окиснюваності. Отримані результати є важливими для обґрунтування розміщення мережі комплексного еколого-геохімічного моніторингу, сприятимуть підвищенню ефективності заходів поліпшення стану природного середовища та покращення умов проживання населення.

## Ключові слова

Еколого-геохімічні дослідження, ландшафти, забруднення, важкі метали, ґрунти, рослинність, водне середовище  
Надійшла до редакції: 9 серпня 2022 / Прийнята: 26 грудня 2022 / Опублікована онлайн: 30 грудня 2022

## Geochemistry of landscapes of the historical area of Krister's Hill (Kyiv)

Anastasiia Splodytel<sup>1,2</sup>, Liudmyla Sorokina<sup>3</sup>, Olexander Golubtsov<sup>3</sup>, Iryna Kuraeva<sup>1</sup>

<sup>1</sup> M.P.Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the National Academy of Sciences of Ukraine, 34, Acad. Palladina avenue, Kyiv, 03142, Ukraine

<sup>2</sup> Chernobyl Radiation Ecological Biosphere Reserve, 28, Tolochina str., village Ivankiv, Ivankivskiy district, Kyiv region, 07201, Ukraine

<sup>3</sup> Institute of Geography of the National Academy of Sciences of Ukraine, 44, Volodymyrska str., Kyiv, 01054, Ukraine

## Abstract

The study presents the results of ecological and geochemical research of landscapes of the historical area of Krister Hill in Podilsk district of Kyiv. The research aims to identify the current state of pollution of this territory by heavy metals - their content in the components of the landscapes (soils, plants, water environment). The paper characterizes the landscape structure and modern use of the territory. The degree of soil contamination in the sampling points located within the forest-steppe landscapes of the loess-like plain and mixed coniferous forest landscapes is characterized of the moraine-woodland plain was analyzed. For the analysis, the total pollution index (Zc) was used, according to which the study area as a whole has a moderately dangerous level of contamination of soils with heavy metals. The largest part belongs to lead and copper, the content of which in some samples is 2-4 times higher than the maximum allowable concentrations. The content of zinc and nickel is also significant. The total pollution of soils with heavy metals within the landscapes of forest plains is somewhat higher than in moraine-water-glacial landscapes. The results of a study of the microelement composition of the Krister hill vegetation indicate that the plants are characterized by an increased content of manganese, titanium, copper, and lead. Plants with a high ability to accumulate heavy metals include maple, common shingle, and lilac. To analyze the content of pollutants in surface and ground waters, water samples were taken from natural and artificial reservoirs, as well as from the bureaus. An excess of heavy metals content of tens and hundreds of times was detected in the Krister Hill water bodies. Hydrogeochemical peculiarities of drinking groundwater were established. The pump room water meets the requirements of DSTU. Excess of maximum permissible concentrations was detected for the total concentration of sodium and potassium ions and permanganate acidity. The obtained results are essential for substantiating the location of the network of complex environmental and geochemical monitoring and will contribute to the effectiveness of measures to improve the state of the natural environment and improve the living conditions of the population.

## Keywords

Ecological and geochemical research, landscapes, pollution, heavy metals, soils, plants, water environment

Received: 9 August 2022 / Accepted: 26 December 2022 / Published online: 30 December 2022

### Corresponding author:

Anastasiia Splodytel, M.P.Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the National Academy of Sciences of Ukraine, 34, Acad. Palladina avenue, Kyiv, 03142, Ukraine; Chernobyl Radiation Ecological Biosphere Reserve, 28, Tolochina str., village Ivankiv, Ivankivskiy district, Kyiv region, 07201, Ukraine  
Email: asplodytel@gmail.com

© 2022 The Authors. Published by Taras Shevchenko National University of Kyiv. This is an open-access article under the terms of the Creative Commons Attribution License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## 1. Вступ

Вивчення сучасних ландшафтних, ландшафтно-геохімічних умов локальних міських територій призначені для виявлення їхніх особливостей, важливих для умов проживання населення, для урахування при просторовому плануванні урбанізованих територій. Актуальні такі дослідження для частин Києва, що виокремлюються за певними історичними подіями або пов'язані з особливостями господарської діяльності, використанням території, що стали причиною виникнення міських топонімів.

Об'єктом нашого дослідження у межах Подільського району м. Києва є історична місцевість, що пов'язана з іменем Вільгельма-Готліба Крістера (1812-1890), який у 1850 році у тодішньому передмісті столиці заснував багатопрофільне сільськогосподарське підприємство “Садівництво та насінневе господарство “В. Крістер” (Ponomarenko et al., 2003). Зініційований ним розвиток садівництва сприяв поширенню цього напрямку господарювання у Києві. Назва цієї місцевості як Гірка Крістера (або Крістєрова Гірка) збереглося донині, добре відомо мешканцям району і всього Києва, зафіксоване у назвах заповідних територій і об'єктів місцевого значення (Ботанічна пам'ятка природи місцевого значення Крістєрова гірка, Дуб Крістера, руїни будинку Крістера та деякі інші). Наявність, збереження значних ділянок зелених зон зумовлена розташуванням цієї території переважно на схилах корінного берега долини Дніпра, доволі крутих (до 10-15°) і малоприсадатних для забудови. Тому для цієї території стає можливим аналіз ландшафтно-геохімічних умов та особливостей забруднення компонентів ландшафтів, у яких значною мірою збережені природні властивості.

## 2. Матеріали і методи

Ландшафтну характеристику території виконано на основі укладеної раніше карти ландшафтів Київської області (Davudchuk et al., 2021), Києва та його приміської зони (Galitsky et al., 1983) з нашими доповненнями та уточненнями. Додаткові відомості про ландшафти отримані при проведенні польових еколого-геохімічних досліджень ландшафтів території у вересні 2021 року. Складовою еколого-геохімічних досліджень ландшафтів Гірки Крістера є вивчення міграції важких металів, трансформації техногенних потоків та акумуляції забруднювачів в окремих компонентах ландшафту. Під час досліджень було відібрано 13 ґрунтових проб, 13 проб рослинного матеріалу, 6 проб води. Відбір проб ґрунту здійснено, у першу чергу, в межах основних поверхонь фонових ландшафтних урочищ. Рослинні зразки збиралися спряжено з місцями відбору ґрунту з урахування домінантних для відповідних урочищ видів. При відборі проб води також за можливістю відбиралися проби ґрунту та рослин у межах тих урочищ, де розташовані водні об'єкти. Відбір ґрунтових проб здійснювався методом “конверта” з майданчиків 10×10 м. Бралися до уваги

роза вітрів, рельєф місцевості, рослинний покрив та гідрологічні умови, тобто умови, що забезпечують розповсюдження забруднюючих речовин у ландшафтах.

Вміст важких металів в рослинах є важливим індикатором стану міського середовища. Визначення рівня вмісту важких металів у рослинах здійснено шляхом вибору індикаторних видів для аналізу кореляційної залежності між вмістом важких металів в системі ґрунт-рослина. Серед них були вивчені види рослин, що мають високі індикаторні властивості. Відбір проб рослинного матеріалу, як правило, проводився в процесі комплексної еколого-геохімічної зйомки, одночасно з відбором ґрунтових проб. Ділянки пробовідбору рослин відповідають ділянкам дослідження ґрунтів (парк біля кінотеатру Шевченка, лісове урочище Крістерів, Гірка Крістера, будинок Крістера (руїни), парк Кинь-Журбу, сквер на вул. Вітряні Гори, річка Коноплянка, ставок Кулик та дві водойми поруч, що мають береги, вкриті бетонними плитами, еко-стежка “Віковічні дуби”, старовікові дуби з охоронним статусом, зелена зона поблизу вул. Сошенка, 33). Вміст мікроелементів в ґрунтах визначався методом мас-спектрометрії з індукційно-зв'язаною плазмою (ICP-MS аналіз) аналізатор ELEMENT-2, виробництва Німеччина. Вміст важких металів у фітомасі рослин визначали в їхніх зольних розчинах методом атомно-абсорбційної спектрометрії на приладі марки СТЕ-1. Лабораторні дослідження проб води виконано за методами ICP-MS. Хіміко-аналітичні дослідження проведено в сертифікованих лабораторіях Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України.

## 3. Результати та обговорення

**3.1. Особливості ландшафтних умов території дослідження** визначені її розташуванням на межі поліської та лісостепової частин Києва. Крайня східна частина дослідженої ділянки – це невеликий фрагмент долини Дніпра, а саме – її правобережної першої надзапальної тераси. Історична місцевість Гірка Крістера та прилеглі території – складне поєднання ландшафтів, що належать до різних типів. Це є характерним для таких екотонних територій, де слабо виражена межа між зональними типами ландшафтів. Мішанолісові (поліські) ландшафти представлені тут фрагментами хвилястих моренно-воднольдовикових рівнин (абсолютні висоти 150-160 м) та їхніх схилів, складених пісками, що підстелені моренними суглинками. На незначній глибині (0,3-0,8 м) у піщаних відкладах присутні прошарки оглинених пісків або суглинків, що сприяло формуванню свіжих суборів та судібров на пілувато-піщаних дерново-підзолистих ґрунтах. Лісостепові ландшафти у північній частині дослідженої ділянки – це відносно підвищені (абсолютні висоти 160-170 м) горбисто-хвилясті рівнини, що складені лесовидними суглинками, підстеленими пісками та валунними суглинками. У крайовій частині, що прилегла до схилу долини Дніпра, лесова рівнина ускладнена окремими лесовими горбами висотою до

10-15 м, із зривистими та крутими схилами. У природному стані для зазначених лісостепових ландшафтів характерне поширення грабово-дубових лісів на світлосірих та сірих ґрунтах (Davudchuk et al., 2021). Фрагмент тераси Дніпра складений піщаними давньоолувіальними відкладами, у природному стані – під сосновими (боровими) лісами на дерново-слабопідзолистих ґрунтах. Більш повна характеристика фонових та субдомінантних ландшафтних комплексів рангу урочище представлено на рисунку 1 (див. пункт 3.2).

У сучасному використанні території простежуються певні залежності міської забудови та транспортної мережі від ландшафтної структури. Одно-двоповерхова садибна забудова у поєднанні з окремими “багатоповерхівками”, збудованими у 1950-1960 роки, займає переважно хвилясту моренно-воднольодовикову рівнину (виділ у легенді ландшафтної карти №1) та ділянки горбисто-хвилястої лесової рівнини (№ 8), її схилів (№№ 10-12), а також частково – згадані вище лесові підвищення (№ 9). Можна припустити, що збереження старої забудови цього житлового масиву Вітряні Гори пов’язане саме зі складністю ландшафтної структури, з значними перепадами висот та пересіченістю рельєфу, несприятливими для нової багатоповерхової забудови. Остання приурочена до більш вирівняної, із слабопокатими та похилими схилами моренно-воднольодовикової рівнини (№ 2), де розташована частина житлового масиву Виноградар, а також до вирівняної надзаплавної тераси (№16) – тут розташовані сучасна багатоповерхова забудова частини історичної місцевості Приорка, а також один із нових житлових комплексів “Паркове місто”. Найбільша автомагістраль у межах території дослідження – вул. Вишгородська – також проходить по вирівняній тилувій частині дніпровської тераси. Інші основні автошляхи, а саме вулиці Осиповського, Кобзарська, Сошенка спускаються до вул. Вишгородської, наслідуючи ерозійні форми (лощини та балки) на схилі корінного берега Дніпра. Вище була згадана приуроченість до крутих ділянок схилів та горбів, непридатних для іншого використання, доволі значних за площею зелених зон, зокрема, таких, що мають заповідний статус і зберегли властивості природних ландшафтів.

Основні риси ландшафтно-геохімічної структури дослідженої території, що є важливим фактором поведінки техногенних елементів-забруднювачів, зокрема, досліджених важких металів, полягають у наступному. Поліські ландшафти моренно-воднольодовикових рівнин, а також ландшафти перших надзаплавних терас з дерново-підзолистими ґрунтами належать до кислого (Н) класу геохімічних ландшафтів, для яких характерні “міграція катіоногенних елементів, накопичення аніоногенних елементів, а також сприятливі умови для вторинного (ґрунтового) забруднення рослин” (Malysheva, 1998, р.234). Лесові ландшафти з світлосірими і сірими ґрунтами належать до кислого кальцієвого (Н-Са) класу геохімічних ландшафтів, для яких характерні “уповільнена фізико-хімічна міграція, енергійна механічна міграція” (Malysheva, 1998, р.235).

Особливістю важких металів є те, що вони, на відміну від органічних токсикантів, не розкладаються, один раз включені в біогеохімічні цикли, можуть зберігати свою біологічну активність необмежений час. Зважаючи на те, що важкі метали виступають одними з головних забруднювачів навколишнього середовища, комплексне вивчення їх ореолів міграції в компонентах ландшафту є необхідним для розробки ефективних природоохоронних заходів і створення сприятливого середовища для проживання населення.

Для обраної території дослідження Гірки Крістера було передбачено вирішення таких дослідницьких завдань:

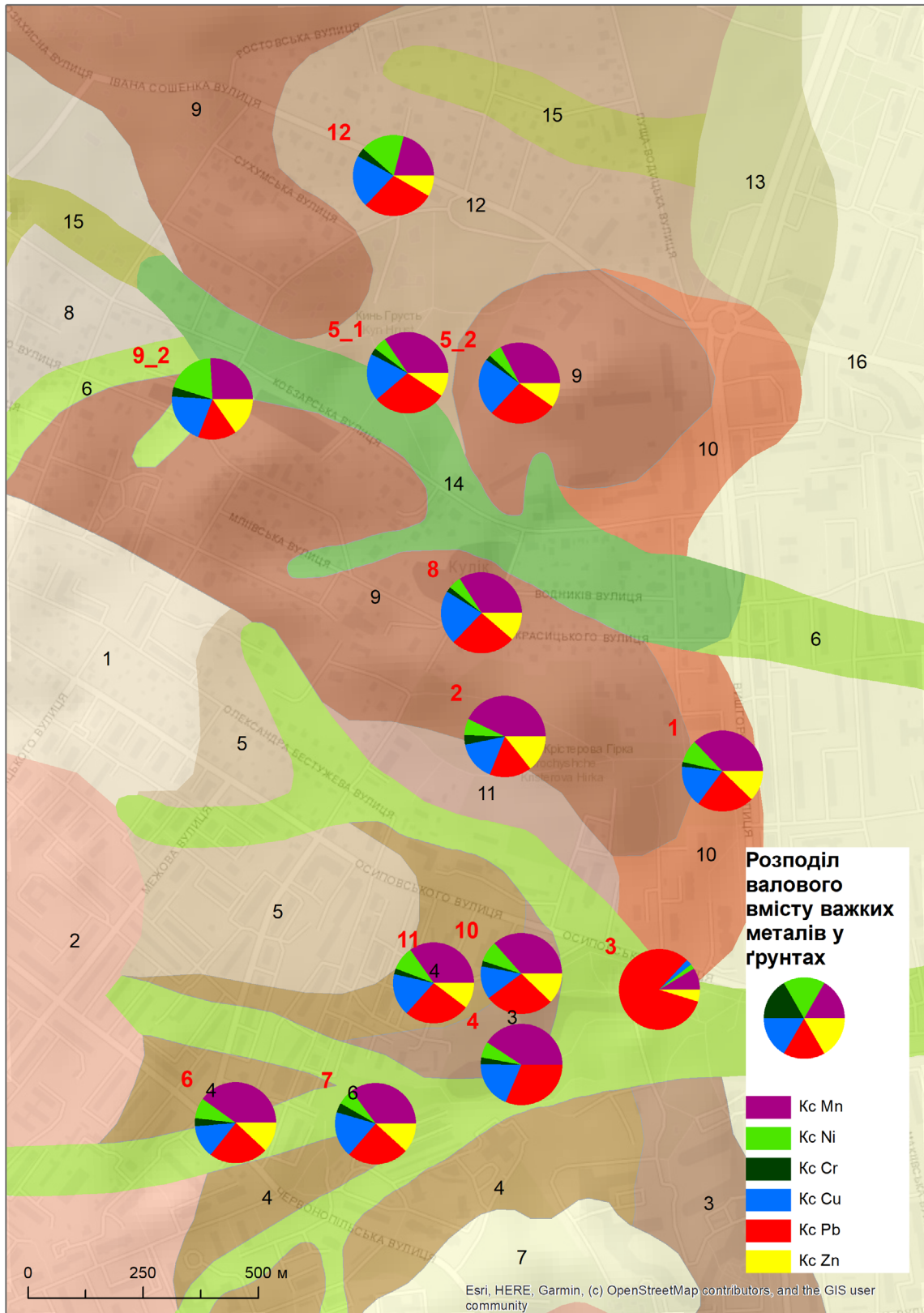
- визначити актуальний рівень вмісту окремих важких металів в компонентах ландшафту (а саме, у ґрунтах, рослинах, поверхневих та підземних водах);
- оцінити вплив техногенезу на вміст та перерозподіл важких металів в ландшафтах території.

### **3.2. Закономірності розподілу важких металів в ґрунтовому покриві**

Для території Гірки Крістера характерна широка амплітуда коливань вмісту досліджуваних хімічних елементів у ґрунтах. Це зумовлено характером розташування промислових підприємств, зростаючою кількістю побутових відходів, які не утилізуються, та високою інтенсивністю транспортного потоку.

За сумарним показником забруднення ( $Z_c$ , що розраховується на основі даних про перевищення вмісту основних забруднювальних елементів їхнього фонового вмісту) територія Гірки Крістера характеризується в середньому помірно-небезпечним рівнем забруднення ґрунтів важкими металами ( $Z_c$  – 20-28). Аналіз отриманих даних про вміст важких металів у досліджених ґрунтах Гірки Крістера і порівняння їх з ГДК дозволило виявити хімічні елементи, які входять у техногенну геохімічну асоціацію, характерну для досліджених ґрунтів: Mn – Pb – Cu – Zn – Ni – Cr. Домінуюча асоціація розподіляється у цілому по території міста мозаїчно, формуючи геохімічні аномалії залежно від джерела забруднення. Розподіл валового вмісту важких металів у ґрунтах представлено на рисунку 1.

На території дослідження інтенсивне накопичення мікроелементів у ґрунтах виявлено в межах лесової рівнини та її схилів – пологого схилу з сірими глеюватими ґрунтами (точка пробовідбору № 12, що розташована у лісопарковій зоні поблизу вул. Сошенка, 33), покатого схилу лесового горба складного профілю, перекритого делювіальними лесовидними суглинками (точка пробовідбору №1, у парку біля кінотеатру Шевченка, у 200 м на південь від його будівлі) та нижньої виположеної частини схилу лесового підвищення (точка № 9, що поблизу штучної водойми з бетонними берегами поруч з вул. Красицького). Менш інтенсивне сумарне забруднення ( $Z_c$  – 10-15) характерне для аналогічних ландшафтних умов схилів підвищених лесових горбів (точки пробовідбору № 2, лісове урочище Крістерів та № 5, парк Кинь-Журбу, середня частина схилу лесового горба - крутого, західної експозиції) за рахунок значних площ, що вкриті деревними насадженнями.



**Рис. 1.** Розподіл валового вмісту важких металів у ґрунтах Гірки Крістера (червоним кольором виділено точки відбору проб, чорним – номери ландшафтних комплексів)  
**Fig.1.** Distribution of the gross content of heavy metals in soils of of Krister's Hill (sampling points are highlighted in red, and landscape complexes numbers are highlighted in black)

До рисунку 1. Ландшафтні комплекси Гірки Крістера – за даними (Galitsky et al., 1983; Davydychuk et al., 2021) з доповненнями:

**Клас – МІШАНОЛІСОВІ ЛАНДШАФТИ**

**Вид – Ландшафти моренно-воднольдовикових рівнин на палеоген-неогеновій основі**

**Відміни:**

1. Рівнини моренно-воднольдовикові хвилясті, складені пілуватими пісками потужністю понад 2 м, з прошарками оглинених пісків, що підстеляються середніми валунними суглинками, з дерново-підзолистими пілуватопіщаними ґрунтами, у минулому під свіжими суборами, у теперішній час – переважно під садибною забудовою
2. Рівнини моренно-воднольдовикові хвилясті, з похилими слабоеродованими схилами, складені пісками з прошарками суглинок на глибині 0,3-0,8 м, що підстеляються валунними суглинками, з дерново-підзолистими пілуватопіщаними ґрунтами, свіжо-судібровні, у теперішній час – під багатоповерховою забудовою та транспортною мережею
3. Схили моренно-воднольдовикових рівнин покаті (7-10°) та слабопокаті (5-7°), складного профілю, зсувні, діючі та стабілізовані, складені валунними суглинками, пісками, глинами та мергелями, з дерновими та дерновими слабоерозивними суглинними і глинистими ґрунтами, у минулому під злаково-різнотравними луками, у теперішній час – під культурними зеленими насадженнями
4. Схили моренно-воднольдовикових рівнин слабопокаті (5-7°) та похилі (3-5°), складені валунними суглинками, пісками, глинами та мергелями, з дерновими та дерновими слабоерозивними суглинними і глинистими ґрунтами, у минулому під злаково-різнотравними луками, у теперішній час – переважно під багатоповерховою забудовою
5. Схили моренно-воднольдовикових рівнин слабопокаті (5-7°) та похилі (3-5°), делювіальні, складені пісками з прошарками суглинок, з дерново-слабодзолистими пілуватопіщаними слабоерозивними ґрунтами, у минулому під свіжими судібровами, у теперішній час – під багатоповерховою забудовою
6. Лощини в пісках, із дерново-підзолистими пілуватопіщаними ґрунтами, у минулому під свіжими складними суборами. У теперішній час верхів'я лощин знівельовані та забудовані, нижні частини – під зеленими зонами
7. Підвищення діючої ділянки, із сильнопокатими (10-15°), та покатими (7-10°) схилами, вигнуті в плані, складені шаруватими пісками, із дерново-слабодзолистими піщаними ґрунтами, у минулому під сухими і свіжими борами і суборами. Під зеленими зонами та пустищами.

Ландшафти моренно-воднольдовикових рівнин за показниками сумарного забруднення також належать до категорії помірно-небезпечного рівня, хоча його значення тут дещо менші. Наприклад, для точок 10 (зелені насадження на покатій частині схилу моренно-воднольдовикової рівнини) та 11 (окремі старовікові дуби у межах багатоповерхової забудови на слабопокатому схилі цієї ж рівнини) значення сумарного забруднення – у межах (Zc – 9-11).

Автотранспорт є основним забруднювачем досліджуваної території, його роль поступово зростає за рахунок збільшення викидів від самого автотранспорту та зростання кількості автомобілів, а також внаслідок зменшення викидів від промислових підприємств.

**Клас – ЛІСОСТЕПОВІ ЛАНДШАФТИ**

**Вид – Ландшафти лесових рівнин на палеоген-неогеновій основі та їхніх схилів**

**Відміни:**

8. Рівнини горбисто-хвилясті, відносно підвищені, складені лесовидними суглинками, що підстелені пісками та валунними суглинками, із світлосірими та сірими проградованими легкосуглинними ґрунтами, свіжо-дібровні, у минулому під грабово-дубовими зеленчуково-волосистоосоковими лісами. Під лісопарковими зонами, частково – під садибною забудовою.
9. Горби (відносною висотою 15-25 м) у крайовій частині лесових межиріч, із зривистими та крутими (> 20°, 20-15°), у нижніх частинах – крутопокатими (15-10°) схилами, складені лесовидними суглинками, що підстелені пісками та валунними суглинками, із світлосірими та сірими ґрунтами, свіжо-дібровні, у минулому під грабово-дубовими зеленчуково-волосистоосоковими лісами. Під лісопарковими зонами та садибною забудовою.
10. Схили лесових рівнин стрімко (сильно)-покаті (10-15°) та покаті (7-10°), складного профілю, делювіально-давньозсувні, перекриті делювіальними лесовидними суглинками, з світлосірими та сірими легкосуглинними слабоерозивними ґрунтами, у минулому під грабово-дубовими лісами. Під зеленими зонами та окремими будівлями (соціальної сфери – лікарня, кінотеатр тощо).
11. Схили лесових рівнин слабопокаті (5-7°), у нижній частині похилі (3-5°), перекриті делювіальними лесовидними суглинками, з сірими легкосуглинними слабоерозивними ґрунтами, у минулому під грабово-дубовими лісами. Під зеленими зонами та садибною забудовою.
12. Схили лесових рівнин пологі (3-5°), увігнуті, перекриті делювіальними лесовидними суглинками, з сірими глеюватими легкосуглинними ґрунтами, у минулому під грабово-дубовими лісами. Під зеленими зонами та садибною забудовою.
13. Делювіальні шлейфи слабопохилі та похилі (1-3°, 3-5°), складені суглинками, з дерновими глеюватими суглинними ґрунтами, у минулому під свіжими та вологими дібровми та бобово-різнотравно-злаковими луками. Під зеленими зонами, частково – під садибною забудовою.
14. Балки коритоподібні в лесовидних суглинках, із водотоком, із задернованими схилами, з дерновими глейовими легкосуглинними ґрунтами, у минулому під злаково-бобово-різнотравними луками з чагарниками з верби і вільхи чорної. Під садибною забудовою, ставками, транспортними шляхами.
15. Лощини в лесовидних суглинках, з чорноземними лучними середньосуглинними ґрунтами, у минулому під вологими дібровми. Під садибною забудовою та лісопарковими зонами

**Вид – Ландшафти надзаплавних терас на палеоген-неогеновій основі**

**Відміни:**

16. Надзаплавні тераси горбисті та вирівняні, складені добре відсотованими пісками потужністю понад 2 м, з дерново-слабодзолистими піщаними ґрунтами, у минулому під сухими і свіжими борами. Під багатоповерховою забудовою та магістральними транспортними шляхами, частково – під лісопарковими зонами.

Найбільша частка в забрудненні належить марганцю (Kc = 2,7-4), свинцю (Kc = 1,6-31,3) та міді (Kc = 1,2-31,3). Середнє значення вмісту міді по території складає 60 мг/кг, що в 2 рази вище ГДК (Samchuk et al., 2006). Високий вміст свинцю на території дослідження зумовлений значним транспортним потоком та опосередкованим впливом різнопрофільних підприємств. Найбільший показник забруднення спостерігається в точці 12 (що, очевидно, пояснюється її розташуванням на незначній відстані від автошляху) і становить 130 мг/кг (Kc = 31,3), що в 4 рази перевищує ГДК. Середній валовий вміст Mn у горизонті 5-10 см ґрунтів становить 500 мг/кг, що перевищує ГДК в 3,3 рази, однак знаходиться в межах фонових значень.

Вміст цинку в ґрунтах коливається в широких межах. На значній території його концентрація не перевищує 60 мг/кг ( $K_c > 1,1$ ), що в межах ГДК. Підвищення вмісту спостерігається для проб ґрунту точок 3 (лощина в пісках,  $K_c = 1,8$ ) та 9 (схил лесового підвищення,  $K_c = 1,6$ ). Для них значення становить 90-100 мг/кг, що в 2 рази перевищує значення ГДК. Середній вміст цинку у ґрунтах дослідженої території – 40 мг/кг.

Для нікелю також характерним є нерівномірність розподілу в межах території ( $K_c = 0,5-2,5$ ). Значне забруднення локалізується в точках 9, що у нижній частині схилу лесового підвищення, поблизу водойм з бетонними берегами та 12, що у середній частині схилу лесової рівнини (по вул. Сошенко, 33) – 40-50 мг/кг, перевищення ГДК в 2 і 2,5 рази. В окремих точках вміст нікелю досягає 20 мг/кг і вище. Середнє по території – 10 мг/кг. Підвищений регіональний вміст хрому приурочено так само до точок 9 та 12, з вмістом 40-50 мг/кг ( $K_c < 1$ ) та не перевищує значень ГДК. На інших точках не виявлено підвищень концентрації цього елемента.

Решта досліджених елементів (Ti, Co, Mo, Ba) мають відносно невисокі концентрації в ґрунтах території ( $K_c < 1$ ), тому важливо здійснювати поточний моніторинг з метою оцінки їх токсичної дії, що надає зовні малопомітний вплив на ландшафти. Однак, забруднення саме такого характеру, діючи тривалий час, здатне викликати серйозні зміни в рівновазі екосистеми.

Встановлено, що ряди накопичення інтенсивності забруднення важкими металами в більшості випадків не співпадають з рядами їх рухомості, що залежить від властивостей елементів та фізико-хімічних характеристик ґрунтів. Зі збільшенням загального забруднення ґрунтів спостерігається збільшення рухомості важких металів, а отже і їх доступності для рослин.

### 3.3. Біогеохімічні особливості накопичення елементів рослинністю

Виявлено, що в умовах мультиметалічного забруднення інтенсивність переходу важких металів була значно менша порівняно до монометалічного імпактного забруднення, що пояснюється наявністю синергізму (підсилення одним елементом дії іншого) та антагонізму (пригнічення одним з елементів іншого) важких металів при надходженні їх до рослини. Основними джерелами їх забруднення є атмосфера та ґрунт, причому провідна роль належить повітрю. Фоліарне поглинання рослинами важких металів з атмосфери відбувається через листя, а кореневе через коріння з ґрунту (Samchuk et al., 2019).

Результати аналітичних досліджень геохімічного складу рослинності Гірки Крістера свідчать, що в найбільших кількостях вони накопичують **марганець**. Максимальна концентрація елемента відзначена для клена гостролистого (*Acer platanoides* L.) (точка пробовідбору 12) та щириці звичайної (*Amaranthus retroflexus* L.) (точка 11) – 860-889 мг/кг. Для інших видів рослин вміст мікроелементів значно нижче середніх величин.

**Титан** максимально накопичується кленом гостролистим (*Acer platanoides* L.) 80,0 мг/кг (точка

12) та бузком (*Syringa* L., точки 8 та 9) – 59,62-60,3 мг/кг. Міжвидові відмінності вмісту елемента сягають 10-20 мг/кг. Досліджувані рослини накопичують титан в незначних кількостях у порівнянні з середніми значеннями вмісту елемента, отриманих для аналогічних видів рослин природного регіону у цілому.

Відмінності в середньому вмісті **міді** між рослинами різних видів складають 10-14 мг/кг. Високі концентрації цього мікроелемента відзначені для бузку (*Syringa* L., т. 9) – 23,90 мг/кг та щириці звичайної (*Amaranthus retroflexus* L.) (точка 11) – 21,37 мг/кг. З рослин деревних видів підвищений вміст міді зафіксовано для клена гостролистого (*Acer platanoides* L.) (точка 12) – 20,3 мг/кг.

Вміст **нікелю** в рослинах незначний – переважно менше фонових концентрацій. Максимальна його кількість спостерігається в бузку (*Syringa* L., точка 8) 11,2 мг/кг, середній вміст – 6,2 мг/кг, мінімальна в липі дрібнолистої (*Tilia cordata* Mill.) – 1,34 мг/кг, що відповідає фоновому вмісту елемента. Серед листяних порід дерев за вмістом нікелю вирізняється клен гостролистий (*Acer platanoides* L.) (6,41 мг/кг, точка 4).

Вміст **цинку** в більшості досліджуваних рослин території виявився нижче межі чутливості аналізу. Разом з тим, високі показники його вмісту зафіксовані для клена гостролистого (*Acer platanoides* L.) (точка 12) – 50 мг/кг.

Мінімальний вміст **ванадію** зафіксовано в золі бузини чорної (*Sambucus nigra* L., точка 1) – 0,89 мг/кг, максимальний для листяних порід дерев – клена гостролистого (*Acer platanoides* L.) (точка 4) – 5,86 мг/кг. Середній вміст ванадію у проаналізованих зразках у 2-3 рази нижчий, ніж фонові значення для рослин аналогічних видів.

Накопичувачами **свинцю** є клен гостролистий (*Acer platanoides* L.) (точка 4) – 6,84 мг/кг та бузок (*Syringa* L., точка 8) – 3,5 мг/кг. Мінімальна кількість мікроелемента характерна для зразків липи дрібнолистої (*Tilia cordata* Mill.) – 0,62 мг/кг.

Таким чином, перші результати вивчення мікроелементного складу рослинності досліджуваної території дають можливість зробити висновки, що рослини Гірки Крістера, характеризуються підвищеним вмістом марганцю, титану, міді та свинцю у порівнянні з аналогічними видами рослин, що поширені в інших частинах регіону. В межах кожного фітоценозу є рослини-концентратори певного елемента. Зокрема, до рослин з високою здатністю акумулювати важкі метали належать клен гостролистий (*Acer platanoides* L.), щириця звичайна (*Amaranthus retroflexus* L.) та бузок (*Syringa* L.). Вивчення накопичення важких металів в органах досліджуваних рослин показало, що мідь, нікель, цинк переважно акумулюються у корінні та корі. Найбільший вміст хрому зазначено у листі деревних та трав'янистих рослин.

Результати досліджень свідчать, що деревні та трав'яністи види рослин акумулюють важкі метали, виступаючи своєрідною фільтраційною системою, яка сприяє створенню сприятливих умов та зниженню токсичної дії різних забруднювачів.

### 3.4. Вміст забруднюючих речовин в поверхневих та підземних водах

За даними аналітичних досліджень за хімічним складом досліджувані водойми Гірки Крістера переважно належать до гідрокарбонатно-кальцієвих. Вміст сульфат-іонів змінюється від 0,53 до 121,3 мг/дм<sup>3</sup>. Показники мінералізації поверхневих вод дозволяють віднести їх до мало- та середньо-мінералізованих (середнє по території значення дорівнює 365 мг/дм<sup>3</sup>). Мінералізація вище середньої зумовлена антропогенним впливом.

Середній вміст заліза, свинцю, цинку, міді у водних об'єктах на досліджуваній території становить: 37,0; 0,5; 3,2 та 0,8 мг/дм<sup>3</sup> відповідно, що перевищує фонові значення для регіону.

Найбільш високі показники вмісту важких металів характерні для точок відбору: 3 (верхній став на території ЖК «Паркове місто»), 9 (штучна водойма-2 з бетонними берегами, поруч з вул. Красицького) та 7 (річка Коноплянка). У порівнянні з іншими дослідженими водними об'єктами відносно помірним забрудненням відзначається став Кулик (точка 8) (табл.1).

Результати вимірювань вмісту металів засвідчили також високий вміст титану, ванадію, марганцю та нікелю, окремі значення виходять за межі середньорічної концентрації встановленого нормативу. В цілому, аналіз вмісту забруднювачів у досліджуваних водоймах виявив перевищення вмісту важких металів в десятки та сотні разів.

Таблиця 1. Показники вмісту важких металів у водних об'єктах у межах території Гірки Крістера  
Table 1. Content metrics of heavy metals in water bodies within the territory of Krister hill

Хімічні елементи	ГДК*	Точка 3 (верхній став, ЖК «Паркове місто»)	Точка 7 (природна вода, р.Коноплянка)	Точка 8 став Кулик	Точка 9-1 (штучна водойма-1 з бетонними берегами)	Точка 9-2 (штучна водойма-2 з бетонними берегами)
Li	-	11,214	13,022	24,688	25,322	36,322
Be	0,00023	0,046	0,009	-	-	-
Ti	0,13	1,004	0,575	1,37	0,48	1,38
V	0,1	1,429	1,281	0,979	0,331	0,931
Cr	0,5	0,503	0,49	0,031	-	-
Mn	0,5	286,161	201,604	92,16	153,827	563,827
Fe	0,33	145,608	149,032	71,239	4,586	7,586
Co	0,13	0,034	0,106	0,045	0,004	0,003
Ni	0,13	14,903	19,164	22,665	16,346	27,346
Cu	1,03	0,855	1,044	1,119	0,847	0,647
Zn	1,03	4,299	3,972	3,915	3,67	6,37
Rb	-	3,018	2,204	4,615	4,243	7,243
Sr	7,0	351,371	279,418	319,145	306,539	301,732
Zr	-	0,071	0,058	0,045	0,036	0,032
Ag	-	0,031	0,026	0,022	0,025	0,021
Cd	0,0013	0,063	0,106	0,039	0,024	0,039
Ba	0,13	81,168	85,484	110,004	85,181	76,181
Tl	0,00013	0,004	0,004	0,001	0,002	0,003
Pb	0,03	0,733	0,169	0,664	0,308	0,408

Примітка\*: Узагальнений перелік гранично допустимих концентрацій (ГДК) і орієнтовно безпечних рівнів (ОБР) шкідливих речовин для води рибогосподарських водойм/<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v5793400-91#Text>

Встановлено гідрогеохімічні особливості питних підземних вод на території Гірки Крістера (на прикладі точки 10 б'ювет, вул. Осиповського, 3). За результатами хімічного аналізу досліджувана б'юветна вода відповідає вимогам ДСТУ 7525:2014 (табл.2). Перевищення ГДК виявлено для сумарної концентрації іонів Na та K (131,1 мг-екв/дм<sup>3</sup> при ГДК 92 мг-екв/дм<sup>3</sup>) та для перманганатної окиснюваності (2,1 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> при ГДК 0,75 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>).

Порівняння концентрацій мікроелементів з величинами біологічно значимих концентрацій, обрахованими за

методикою М.В. Барвиша та О.А. Шварца (2000 р.) виявлено дефіцит таких елементів як Ba, Ag, Li, Mn, Fe, Cu, Zn, Cd, Ti, Cr та надлишок Ni (табл.3).

Варто відзначити, що б'ювет геоморфологічно знаходиться у нижній частині схилу долини р. Дніпро, яка належить до зони поширення підземних вод, умовно захищених від забруднення з поверхні. Однак, припускається, що в цьому випадку існує взаємодоповнювальний вплив природних та техногенних факторів, що визначає підвищений та високий вміст важких металів у глибинних водоносних горизонтах.

**Таблиця 2.** Загальний хімічний склад води з біовету по вул. Осиповського, 3

**Table 2.** General chemical composition of water from the pumping station on the street Osipovsky, 3

Найменування показника	Значення показника	ГДК* згідно ДСТУ 7525:2014
pH	6,81	6,5–8,5
Жорсткість, мг-екв/дм <sup>3</sup>	1	7
Кальцій, мг/дм <sup>3</sup>	<2	130
Магній, мг/дм <sup>3</sup>	12,1	80
Лужність, мг-екв/дм <sup>3</sup>	6,0	6,5
НСО <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	366	не визначають
Хлориди, мг/дм <sup>3</sup>	24,8	150
Сульфати, мг/дм <sup>3</sup>	<4,8	150
Залізо загальне, мг/дм <sup>3</sup>	0,064	відсутність
Нітрати, мг/дм <sup>3</sup>	0,98	5
Сухий залишок, г/дм <sup>3</sup>	0,366	1
Na+K сумарно, мг-екв/дм <sup>3</sup>	131,1	92
Перманганатна окиснюваність, мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	2,1	0,75
Гумінові кислоти (ГК), мг/дм <sup>3</sup>	4,2	не визначають
Фульвокислоти (ФК), мг/дм <sup>3</sup>	7,6	не визначають

\*Примітка: ГДК – гранично допустима концентрація

**Таблиця 3.** Мікроелементний склад води з біовету по вул. Осиповського, 3

**Table 3.** Microelement composition of water from the pumping station on the street Osipovsky, 3

Елемент, мг/дм <sup>3</sup>	Концентрація елементу у воді	БЗК*
Li	0,010166	0,025
Mn	0,000586	0,05
Fe	0,001779	0,45
Ni	0,014001	0,0075
Cu	0,000537	0,025
Zn	0,008757	0,3
Rb	0,001064	-
Sr	0,00284	0,05
Cd	0,00002	0,0025
Cr	0,00012	0,00175
Ba	0,003753	0,02
Tl	0,000011	-
Pb	0,000423	0,01
U <sup>-238</sup>	0,000004	-
Ag	0,000022	0,00125
Ti	0,00071	0,02

\*Примітка: БЗК – біологічно значима концентрація

Зокрема, цьому сприяє виклинювання водотривких шарів порід перекриття уздовж р. Дніпро, інверсія гідродинамічного потоку підземних вод, приурочених до локальних депресійних воронки у сеноман-келовейському водоносному комплексі (Kuraieva et al., 2020).

#### 4. Висновки

Зважаючи на наявність багатьох факторів перерозподілу забруднювальних речовин в урбанізованому середовищі, виявлення ландшафтних залежностей цих процесів є ускладненим. Разом з тим, за даними виконаних еколого-геохімічних досліджень ландшафтів історичної місцевості Гірка Крістера, у межах якої присутні значні площі зелених зон та природоохоронних об'єктів, тут спостерігаються певні природні закономірності актуального вмісту важких металів, принаймні за значеннями сумарного показника забруднення ґрунтів, яке у межах ландшафтів лесових рівнин є дещо вищим, ніж у моренно-воднольодовикових ландшафтах.

Отримані результати щодо вмісту та розподілу важких металів в компонентах ландшафтів Гірки Крістера матимуть важливе значення для обґрунтування розміщення мережі комплексного еколого-геохімічного моніторингу та санітарно-захисних зон, зниження ризику забруднення водоносних горизонтів – джерел господарського і питного постачання, сприятимуть підвищенню ефективності заходів, спрямованих на поліпшення стану природного середовища та покращення умов проживання населення. Проведені дослідження біоаккумуляції важких металів нададуть можливість встановити певні закономірності щодо видової специфіки рослин, приуроченості біогеохімічних аномалій до окремих зон досліджуваної території.

#### ORCID iD

Anastasiia Splodytel  <http://orcid.org/0000-0002-8109-3944>  
 Liudmyla Sorokina  <https://orcid.org/0000-0002-0885-1745>  
 Olexander Golubtsov  <https://orcid.org/0000-0001-8155-132X>  
 Iryna Kuraeva  <https://orcid.org/0000-0003-3113-7782>

#### Список посилань

Davydchuk V.S., Zarudna R.F., Mikheli S.V., Istomina H.P., Sorokina L.Yu. *A collection of geographical maps with a description "Kyiv region. Landscape map" (in digital format, basic scales 1:100,000, 1:200,000, 1:400,000)* ("Landscape map of the Kyiv region"). Certificate of copyright registration for the work No. 104563. State enterprise "Ukrainian Institute of Intellectual Property". Date of registration 05/14/2021. Copyright and related rights. officer Bull. No. 65, 2021. P. 50-51. [Давидчук В.С., Зарудна Р.Ф., Міхелі С.В., Істоміна Г.П., Сорокіна Л.Ю. *Збірка географічних карт з описом "Київська область. Ландшафтна карта" (у цифровому форматі, базові масштаби 1:100 000, 1:200 000, 1:400 000)* ("Ландшафтна карта Київської області"). Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 104563. Державне

підприємство “Український інститут інтелектуальної власності”. Дата реєстрації 14.05.2021. Авторське право і суміжні права. Офіц. бюл. № 65, 2021. С. 50-51. URL:<https://ukrpatent.org/uk/articles/bulletin-copyright> ]

- Galitsky V.I., Davydchuk V.S., Shevchenko L.N., Zarudnaya R.F., Istomina G.P., Mikheli S.V., Pashchenko V.M., Petrenko O.N. (1983) *Landscapes of the suburban zone of Kyiv and their rational use*. Kyiv: Nauk. Dumka, 1983. 244 p. (In Russian). [Галицкий В. И., Давыдчук В. С., Шевченко Л. Н., Зарудная Р.Ф., Истомина Г.П., Михели С.В., Пашенко В.М., Петренко О.Н. (1983) *Ландшафты пригородной зоны Киева и их рациональное использование*. Киев: Наук. думка, 244 с.]
- Kuraieva I.V., Koshliakova T.O., K.S. Zlobina (2020) Peculiarities of Pb, Mo, Cu and Zn distribution in water of artesian aquifers (within Kyiv deposit) *Ukrainian Mineralogical journal* 42 (2): 63-73 (In Ukrainian) [Кураева І.В., Кошлякова Т.О., Злобіна К.С. (2020) Особливості розподілу Pb, Мо, Сu та Zn у водах артезіанських водоносних горизонтів (у межах Київського родовища). *Мінералогічний журнал*. Т. 42. № 2. С.63–73. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.42.02.063>]
- Malysheva L.L. (1998) *Landscape-geochemical assessment of the ecological state of territories*: Monograph. - K.: RVC “Kyiv University”. 264 p. (In Ukrainian) [Малишева Л.Л. (1998) *Ландшафтно-геохімічна оцінка екологічного стану територій*: Монографія. – К.: РВЦ “Київський університет”. 264 с.]
- Ponomarenko L.A., Riznyk O.O. (2003) Kyiv. *Short toponymic guide*. Reference edition. "Pavlim" publishing house. 124 p. (In Ukrainian) [Пономаренко Л.А., Різник О.О.(2003) Київ. *Короткий топонімічний довідник*. Довідкове видання. Видавництво “Павлім”, 124 с.]
- Samchuk A.I., Kuraeva I.V., Grodzinska G.A. (2019) *Heavy metals in the objects of the environment of the Kyiv megapolis*. Kyiv: Nash format. 164 p. (In Ukrainian) [Самчук А.І., Кураєва І.В., Гродзинська Г.А. (2019) *Важкі метали в об’єктах довкілля Київського мегаполісу*. Київ: Наш формат. 164 с.]
- Samchuk A.I., Kuraeva I.V., Yegorov O.S., Manichev V.Y., Stadnyk V.O., Stroi A.M., Krasnyuk O.P., Hudaikulova O.O., Ogar. T. V., Bilyk V.V., Batiievskyi B.O. (2006). *Heavy metals in the soils of Ukrainian Polissia and Kyiv megapolis*. K. “Scientific thought”, 108 p. (In Ukrainian) [Самчук А.І., Кураєва І.В., Єгоров О.С., Манічев В.Й., Стадник В.О., Строй А.М., Красюк О.П., Худайкулова О.О., Огар Т.В., Білик В.В., Батієвський Б.О. (2006). *Важкі метали у ґрунтах Українського Полісся та Київського мегаполісу*. К. “Наукова думка”, 108 с.]