

ЕКОЛОГО-ГЕОХІМІЧНА ОЦІНКА ҐРУНТОВО-РОСЛИННОГО ПОКРИВУ УРБАНІЗОВАНИХ ЛАНДШАФТІВ (НА ПРИКЛАДІ м. БРОВАРИ)

Наведено результати дослідження вмісту важких металів в урбанізованих ландшафтах України на прикладі міста Бровари Київської області. З використанням методів ландшафтно-геохімічних досліджень, аналітичних та статистичних методів отримано та проаналізовано дані щодо валового вмісту та вмісту рухомих форм хімічних елементів (Ni, Co, Zn, V, Pb, Cr, Cu). Встановлено залежності стійкості рослинності міста від рівня забруднення ґрунтового покриву та ступеня надходження важких металів. Проаналізовано геохімічні характеристики, зокрема значення коефіцієнтів накопичення та концентрації ґрунтового-рослинного покриву, показник біогеохімічної активності виду в межах міста Бровари.

Рівень забруднення ґрунтів більшої частини міста вищий середнього. Домінуюча асоціація важких металів: $Cu > Pb > Zn > Co > Cr > V > Mo > Mn > Ni$ розподіляється по території міста мозаїчно, формуючи геохімічні аномалії в залежності від джерела забруднення. Максимум техногенного навантаження зафіксовано в урбаноземах зони транспортної інфраструктури та зони виробничих та комунально-складських об'єктів. Деревна рослинність найбільш активно з ґрунту поглинає мідь, марганець, найменш інтенсивно – хром, ванадій та нікель. Найбільший коефіцієнт біогеохімічної активності із досліджених видів мають клен гостролистий (*Acer platanoides*) – 7,26, береза повисла (*Betula pendula* Roth.) – 7,07 та тополя канадська (*Populus deltoides*) – 7,05, найменший – сосна звичайна (*Pinus sylvestris*) – 1,32 та вільха сіра (*Alnus incana*) – 3,37. Найвищі коефіцієнти біологічного поглинання зафіксовано для марганцю та міді, так як ці метали мають здатність утворювати міцні комплекси з органічною речовиною. Більшість досліджуваних видів рослин слабо захоплюють ванадій та хром, які в ґрунтах перебувають відносно в малорухомих формах.

Ключові слова: ландшафтно-геохімічні умови, важкі метали, ґрунти, рослинність.

Постановка науково-практичної проблеми. Актуальність та новизна дослідження. В Україні спостерігається стала тенденція до зростання частки міського населення та посилення процесів урбанізації. Постійно зростаюче забруднення природних систем внаслідок антропогенної діяльності, низька ефективність методів вилучення забруднювачів становлять загрозу здоров'ю людей та природного середовища в цілому.

Вміст важких металів (ВМ) в окремих компонентах ландшафту є важливим індикатором стану міського середовища. Для успішного моніторингу міст необхідна всебічна еколого-геохімічна оцінка стану їх територій. Одним з важливих критеріїв міграційних потоків ВМ в природному середовищі є їх транслокація з ґрунту в рослини, що визначає вміст політантив в біоті.

Метою дослідження є еколого-геохімічний аналіз ґрунтового-рослинного покриву урбанізованих територій, вплив ландшафтно-геохімічних умов та інших факторів на просторову неоднорідність вмісту політантив в компонентах ландшафту.

У запропонованому дослідженні особлива увага приділена не лише визначенню вмісту ВМ в урбанізованих ландшафтах, що знаходяться у межах зон впливу техногенних об'єктів, а також аналізу умов їх перерозподілу в системі «ґрунт-рослина».

Методика досліджень. Об'єкт дослідження – ландшафтно-геохімічні комплекси

м. Бровари, що розташовані в межах зон впливу великих виробничих підприємств та комунально-складських об'єктів.

Дослідження виконано з використанням аналітичних, картографічних, статистичних методів, а також методів ландшафтно-геохімічних досліджень. Відбір зразків ґрунту та рослин проводився в літній сезон (червень-серпень) 2019-2020 рр. Відбір ґрунтових зразків здійснено за регулярною мережею ключових ділянок з урахуванням особливостей функціонального зонування міської забудови м. Бровари. Всього було відібрано та проаналізовано 677 проб ґрунту та 287 проб рослин з 7 зон міста. Відбір проб рослинного матеріалу, як правило, проводився одночасно з відбором ґрунтових проб. Ділянки пробовідбору рослин відповідають ділянкам дослідження ґрунтових профілів.

Для визначення геохімічних показників використовувалися сучасні фізико-хімічні методи: емісійний спектральний аналіз, атомно-абсорбційний, потенціометричний та ін. Для всіх ключових ділянок дослідження був розрахований показник сумарного техногенного забруднення (Z_c), розрахований за формулою (Saet, 1990): $Z_c = \sum K_{nci} - \dots (n-1)$, де n – кількість аномальних елементів; K_{nci} – коефіцієнт перевищення над фоном (коефіцієнт концентрації).

Вміст ВМ в ґрунтах та фітомасі рослин визначався мас-спектральним (ICP-MS) та атомно-емісійним методами (ICP-AES) з індуктивно зв'язаною плазмою на приладах Elan-

6100 і Optima-4300 DV (Perkin-Elmer, США) та ICP-MS аналізатор ELEMENT-2 (Німеччина) в Інституті геології Польської академії наук та Інституті геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України.

У зразках ґрунту були визначені їх основні фізико-хімічні властивості та загальний вміст мікроелементів. Гранулометричний склад визначали за допомогою ізометричного методу Casa-grandex, рН – потенціометрично в суспензії 1 моль дм³ розчину HCl. Гідролітична кислотність та обмінні катіони – Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺ визначалися методом Каппена.

Для оцінки забрудненості ґрунтів використовували коефіцієнт концентрації K_c, який розраховували за формулою: $K_c = C/C_f$, де: C – фактичний вміст забруднення; C_f – фоновий вміст.

Для оцінки трансформації ландшафтів під впливом урбаногенезу необхідним є вивчення мікроелементного складу міських рослин та порівняння його з рівнем акумуляції ВМ рослинами природних ландшафтів. Для характеристики біогенної міграції важких металів і біогеохімічних особливостей рослин застосовано методики розроблені І.А. Авессаломовою, Ю.Ю. Састом, О.І. Перельманом. Інтенсивність накопичення ВМ рослинним покривом оцінювалася за допомогою коефіцієнта біологічного накопичення КБН, що визначається співвідношенням вмісту металу в одиниці маси акцептора (рослини в перерахунку на її суху масу) і донора (ґрунту) (Avessalomova, 1987).

$$КБН = \frac{Lx}{Nx},$$

де Lx – вміст елемента в золі рослин,

Nx – його вміст у ґрунті.

Для кількісного аналізу загальної здатності окремого виду рослин до концентрації важких металів використано показник біогеохімічної активності (БХА) виду (Avessalomova, 1987), що отримується від суми КБП окремих важких металів: $БХА = \sum КБП$.

Аналіз останніх публікацій за темою дослідження. Теоретичну основу сучасних еколого-геохімічних досліджень урбанізованих територій складають базові наукові концепції геохімії ландшафтів (Полинов, 1952, 1956; Глазовська, 1972, 1976; Перельман, 1975, 1979, 1999; Касимов, 1982, 1995, 2004, 2013). В Україні значний внесок в еколого-геохімічні дослідження окремих компонентів ландшафту внесли праці Б.Ф. Міцкевича (1971, 1981), Е.Я.Жовинського (1976, 1979, 1980, 1981, 1991, 1992, 2005, 2012), А.І. Самчука (1982, 1993, 1998, 2002, 2005, 2006, 2012), І.В. Кураєвої (1996, 2014, 2002, 2010, 2011, 2012, 2013, 2015,

2019), Л.Л. Малишевої (1997, 2000), Г.М. Бондаренка (2000, 2002, 2004), В.О. Ємельянова (2004), В.В. Доліна (2004, 2011), Г.В. Лисиченка (2009), О.Ю. Митропольського (2004, 2006), В.М. Шестопалова (2011) та інших вчених.

Дослідженню вмісту токсичних елементів в ґрунтовому та рослинному покриві урбанізованих територій присвячені роботи: С.С. Волощинської (2008, 2012), Я.В. Геніка (1994, 1996), П.П. Надточій (2012), М.В. Пелипець (2000), О.М. Ситіної (2010), Т.К. Клименко (2005), Н.М. Цветкової (2005), В.С. Хомича (1996, 1997, 2004, 2005, 2013), А. Greinert (1995, 1998, 1999), С. Ferguson (1999), P. Wiczorkowski (2002, 2005) та інших дослідників. Однак більшість із досліджених міських агломерацій не піддавалися комплексному ландшафтно-геохімічному аналізу.

Викладення основного матеріалу. Відповідно до фізико-географічного районування України, територія міста розташована на межі Дніпровського заплавно-борового району Північної лісостепової області Дніпровської терасової рівнини та Дніпровсько-Деснянського фізико-географічного району Чернігівського Полісся.

Ландшафтна характеристика території досліджень. Відповідно до фізико-географічного районування України, територія міста розташована на межі Дніпровського заплавно-борового району Північної лісостепової області Дніпровської терасової рівнини та Дніпровсько-Деснянського фізико-географічного району Чернігівського Полісся [13]. Ландшафтну структуру території дослідження як частини приміської зони м.Києва детально охарактеризовано у роботі [10]. З нашими доповненнями за результатами власних польових спостережень її використано для представлення даних про ландшафти м. Бровари та його околиць. Територія належить до Остерсько-Дарницького (центральна та південно-західна частини міста та Козелецько-Бориспільського (північно-східна частина міста) ландшафтів давньоалювіальних (терасових) рівнин долини Дніпра.

До **ландшафтів піщаних терасових рівнин** належить Остерський-Дарницький давньоалювіальний ландшафт першої та другої надзаплавно-терасової рівнини Дніпра і Десни на палеогенових відкладах під хвойними і хвойно-широколистяними лісами. Цей ландшафт входить до складу Дніпровського заплавно-борового району Північної лісостепової області Дніпровської терасової рівнини і Дніпровсько-Деснянського фізико-географічного району Чернігівського Полісся [13]. Роз-

ташовуючись на північно-східному схилі Дніпровсько-Донецької западини, ландшафт сформувався на потужних осадових відкладах. Тут найбільш поширені піщані алювіальні відклади, велика потужність яких є головною причиною поганої водозабезпеченості ландшафту. Формування сталого водоносного горизонту відбувається над покрівлею глин і мергелів Київського ярусу. Максимальна висота поверхні ландшафту сягає 15,0-18,0 м над рівнем Дніпра, ширина досягає 11 км. Високому рівню відповідають ділянки борової тераси, складеної переважно піщаними відкладами. Вони представлені пісками, супісками кварцовими палево-світло-сірими, коричнювато-світло-сірими різнозернисто-дрібнозернистими, слабо глинистими, з лінзами палево-сірих карбонатних суглинків. Потужність відкладів змінюється у межах 1-10 м, створюючи рельєф сучасної поверхні ландшафту. Піски, що складають товщу, здебільшого кварцові, добре сортовані, як правило, різною мірою глинисті зі значною домішкою слюдиного матеріалу. Серед різновиду пісків трапляються прошарки типових конгломератів. Це породи рожево-світло-сірого кольору, складені галькою розміром 10-20 мм у попережку рожево-сірих, дрібнозернистих, польовошпатово-кварцових пісковиків і коричнювато-сірих крем'янистих аргілітів, зцементованих слабовапнистою глинисто-піщаною масою. Потужність проверстків конгломератів – 0,5-2,9 м [10].

Найбільш поширені *урочища надзаплавно-терасових піщаних (борових) рівнин*. Тилова частина тераси знижена. Такі урочища тераси складені потужними пісками з дерново-слабопідзолистими глеюватими і глейовими піщаними ґрунтами, під вологими і сирими борами. На основній поверхні тераси розкидані западини з пологопокатими схилами та плоскими днищами, покритими делювіальними супісками та суглинками, з дерново-слабопідзолистими глеюватими і глейовими супіщаними і легкосуглинковими ґрунтами під вологими і сирими суборами та судубравами.

В досліджуваних пісках переважає фракція від 0,4 до 0,1 мм. Мінеральний склад легкої фракції: кварц (до 98%), в окремих випадках трапляються польові шпати (до 12%). У важкій фракції переважає: ільменіт (до 34%), циркон (до 26%), лейкоксен (до 13%) та рутил (до 8%). В значно меншій кількості (від 2 до 5%) присутні дистен, турмалін, гранат; спорадично трапляється магнетит, титанат, андалузит. Для важкої фракції характерний високий вміст циркону (35,5%), ільменіту (29,2%), значний вміст турмаліну (17%) і незначний - гранату (< 10%).

Поверхня ландшафту мозаїчно ускладнена дрібними та великими западинами, які класифікуються на три типи. Перший тип западин трапляється по всій території ландшафту і являє собою неглибокі (0,5-1,0 м) зниження з дуже пологими схилами, днища яких вистелені делювіальними супісками і суглинками. На днищах таких западин формуються дерново-слабопідзолисті глеюваті і глейові супіщані та легкосуглинкові ґрунти. Велика частина таких западин розорана або була розорана в минулому.

Другий тип западин просадного походження зустрічається в північній частині ландшафту. Розміри таких западин найрізноманітніші. Найбільші мають діаметр 300-400 м і більше, глибину до 6-8 м, крутизну схилів до 10°. Розміри і форма окремих западин відповідають різним стадіям розвитку процесу нерівномірного просідання.

На поверхні високого рівня широко розвинені піщані гряди висотою 8-10 м, які задерновані трав'яною рослинністю або вкриті хвойними лісами.

До ландшафтів лесових терасових рівнин належить Козелецько-Бориспільський давньоалювіальний ландшафт другої надзаплавно-терасової рівнини Дніпра. Ландшафт локалізований на схід від Остерського-Дарницького ландшафту в Бориспільському-Барішівському та Переяслав-Хмельницькому фізико-географічному районах північної лісостепової області Дніпровської терасової рівнини [13].

Антропогенові відклади представлені давньоалювіальними пісками, які на більшій частині ландшафту перекриті лесовидними суглинками потужністю 3-10 м. Чимале значення для внутрішньоландшафтової диференціації мають прошарки та лінзи давньоалювіальних і озерних суглинків, що зустрічаються в піщаній товщі. Безкарбонатні суглинки потужністю 0,5-2,0 м нерідко залягають поверх лесовидних, що ускладнює морфологічну структуру ландшафту.

Територія Козелецького-Бориспільського ландшафту є слабоувігнутою давньоалювіальною рівниною. Розповсюдження отримали заболочені западини, розмір яких змінюється в значних межах. Складена надзаплавно-терасова рівнина товщею суглинисто-піщаного алювію, похованого з поверхні елювіально-делювіальними та еоловими піщаними й суглинковими відкладами. Характерною ознакою є наявність пластів старичних суглинків потужністю 3-10 м, часто до 15 м і більше, що простежуються майже на всій площі тераси у середній частині товщі. На поверхні ці суглинки відслонюються на відпрепарованих денудацій-

них ділянках [10].

Фонові урочища тераси складені давньо-алювіальними суглинками, що підстелюють лесовидні суглинки, ґрунтовий покрив представлений сірими лісовими легкосуглинковими ґрунтами, в минулому зайнятими свіжими дібровами. Ці урочища займають відносно підвищені ділянки тераси.

Серед урочищ тераси трапляються великі вирівняні замкнені зниження. У зв'язку з підвищеним зволоженням тут формуються сірі глеюваті легкосуглинкові ґрунти. Слабка дренажність таких ділянок і близьке залягання ґрунтових вод з присутністю легкорозчинних солей (насамперед соди) призводить до первинного осолонцювання ґрунту. У той же час промивний або періодичний водний режим сприяє вимиванню гумусу з їх верхніх горизонтів. В результаті формуються осолоділі ґрунти.

Характерною особливістю Козелецького-Бориспільського ландшафту є наявність великої кількості западин. Їх розподіл по території ландшафту нерівномірний.

Малі ухили поверхні не дозволяють в достатній мірі розвиватися ерозійній мережі. Зрідка зустрічаються короткі коритоподібні балки з дерновими глеюватими та глейовими легко-середньосуглинковими ґрунтами під злаково-вологотравними луками.

Поширення лесовидних відкладів і відносна вирівняність рельєфу слугувала причиною інтенсивного господарського освоєння території Козелецького-Бориспільського ландшафту. В межах дослідженої частини лісами зайнято менше 2% площі ландшафту.

Зважаючи на невеликі ухили поверхні і поширення піщаних відкладів, густина ерозійного розчленування зазначеного ландшафту становить не більше 0,27 км/км². Більшість ерозійних форм приурочено до схилу другої надзаплавної тераси. Ерозійні форми представлені лощинами, балками і ярами, причому 79% їх кількості припадає на лощини і балки.

Ландшафтно-геохімічна структура.

Ландшафтно-геохімічну структуру території формують ландшафти кислого (Н), кисло-го, кисло-го глейового (Н,Н-Fe) та кальцієво-глейового (Н⁺-Са²⁺) класів.

Ландшафти кислого (Н) класу. Ландшафти сформувалися на підвищених бугристих та слабо бугристих давньоалювіальних рівнинах з дерново-слабопідзолистими піщаними, супіщаними, з дерновими слаборозвиненими, піщаними та супіщаними та дерновими супіщано-легкосуглинковими ґрунтами. Характерними геохімічними рисами ландшафтних комплексів кислого класу (Н) є тотальний контроль іоном водню геохімічного режиму та процесів міграції інших хімічних елементів, низький вміст обмінних катіонів, легкий гранулометричний склад та незначний вміст гумусу (0,6-1,0%). Реакція ґрунтового покриву – кисла (4,6-5,1), гідролітична кислотність (Н₂) 2,0 мг-екв/100 г ґрунту, ступінь насиченості основами (V) 25-32%. Для ґрунтів властиве слабке біопоглинання та збіднення на поживні рухомі елементи, що виносяться з поверхневими і фільтраційними водами [9].

Необхідно відзначити, що характерною особливістю цих ґрунтів є слабка гумусованість гумусового горизонту. Піщано-супіщані та суглинкові відміни у зв'язку із збільшенням вмісту мулуватої фракції, відрізняються більшим (більш високими показниками вмісту) вмістом гумусу: піщано-супіщані – 0,6-1,1%, суглинкові – -1,2-2,1%. Гідролітична кислотність зростає від 1,2 до 2,8 мг/екв на 100 г ґрунту.

У суглинкових різновидах (1,5-2,0%) більш інтенсивне опідзолювання призводить до меншого накопичення ґрунту, ніж у слабопідзолистих відмін (2,0-2,1%). Ґрунти мають значно вищу ємність вбирання: у супісках 6-7, у суглинках 7-10 мг-екв/100 г ґрунту. Але одночасно вони мають вищу гідролітичну кислотність, що становить 2,0-3,8 мг-екв/100 г ґрунту. Ступінь насиченості кислотами у супіщаних відмінах – 60-63%, а у суглинкових 63-72% (табл.1).

Таблиця 1

Фізико-хімічна характеристика природного ґрунтового покриву м. Бровари (за результатами власних досліджень)

Ґрунт	Генетичні горизонти	Глибина, см	C _{орг} , %	pH сольовий	Ємність поглинання мг-екв/100 г ґрунту	Гідролітична кислотність	Азот за Тюріним-Коновою	Рухомий фосфор за Кірсановим, мг/100 г
Дерново-приховано-підзолистий піщано-супіщаний	He	0-18	2,6	6,2	13,0	1,3	0,8	3,8
	Pe	18-49	0,5	6,3	7,1	0,3	-	-
	Pi	49-105	0,1	6,4	-	-	-	-
	He	0-20	0,7	4,4	4,5	1,8	1,5	15,1

Дерново-слабопідзолистий піщаний	Pe	20-45	0,1	4,5	3,5	1,6	-	-
	Pi	45-122	0,1	5,6	3,7	1,1	-	-
Дерново-середньопідзолистий пикувато-супіщаний	He	0-31	0,8	4,9	5,4	1,7	3,0	10,9
	E	32-52	0,6	4,9	3,5	0,6	-	-
	I	53-102	0,3	5,4	-	-	-	-
Світло сірий легкосуглинковий	HE	0-20	1,48	4,8	19,3	2,8	5,0	6,0
	Eh	20-32	0,9	4,4	12,1	2,4	-	-
	Ih	32-64	0,7	4,4	14,3	3,1	-	-
	I	64-120	0,4	4,5	15,4	2,8	-	-
Сірий піщано-легкосуглинковий	HE	0-25	1,8	4,9	12,7	3,1	5,0	22,0
	EI	25-50	0,9	5,2	13,6	1,9	-	-
	I	50-82	0,7	5,2	16,9	2,3	-	-
	IP	82-110	0,4	-	-	-	-	-

Ландшафти кислого, кисло-глейового (H, H-Fe - клас) класу. Ландшафтні комплекси H, H-Fe-класу характеризуються мінливими умовами латеральної міграції полютантів, які сприяють високій мобілізації хімічних елементів [5,9]. Завдяки наявності у профілі ґрунтів потужних оглеєних горизонтів, ландшафтні комплекси, ґрунти яких характеризуються важким гранулометричним складом, спроможні фіксувати забруднюючі речовини (при їх поверхневому переміщенні) на глейових ландшафтно-геохімічних бар'єрах. На сорбційних бар'єрах фіксація забруднювачів відбувається за рахунок високої ємності катіонного обміну та високого вмісту гумусу, а варіювання показників рН визначає закріплюючу спроможність забруднювачів на ландшафтно-геохімічних бар'єрах кислотного типу [9].

У межах досліджуваної території H, H-Fe-клас за рахунок зниженого гіпсометричного положення поверхні та близького рівня залягання підґрунтових вод представлений ландшафтними комплексами з оглеєними відмінами дерново-підзолистих ґрунтів.

Залежно від положення у ландшафтній структурі території певні ландшафтні комплекси H, H-Fe-класу мають різні характеристики за геохімічними показниками. Так, ландшафтні комплекси слабовігнутих надзаплатно-терасових рівнин, що складені давньоалювіальними (піщаними та супіщаними) відкладами, характеризуються низьким вмістом обмінних катіонів (2,8-3,7 мг екв./100г) і гумусу (1,8-1,2%), кислотність близька до нейтральної – 4,7-5,8%, вміст фізичної глини складає в середньому 11,2-13,5 %. Ландшафтні комплекси слабовігнутих знижених надзаплатно-терасових рівнин з лучними та лучно-болотними середньосуглинковими глеюватими ґрунтами мають вміст гумусу на рівні 3,1 % і дуже високий вміст обмінних катіонів – 26,5 мг екв./100 г.

У ландшафтних комплексах H, H-Fe-класу переважають іони водню та двовалентного

заліза, ґрунти оглеєні, мають кислу або слабокислу реакцію рН. Для дернових типів ґрунтів з глеюватими різновидами характерний відносно високий вміст гумусу 2,3-2,6%. У ландшафтах кислого глейового класу (H-Fe) акумулюється значна кількість органічних решток, формується потужний, добре гуміфікований шар торфу, характерні високі показники сорбційної ємності ґрунтового поглинаючого комплексу. У дерново-середньопідзолистих глеюватих ґрунтах вміст мулистих частинок з глибиною поступово зменшується. Тільки в глеєвому горизонті (g) (44-65 см) мулисті частинки складають 80% по відношенню до гумусового горизонту (0-10 см). Подібні характеристики мають ландшафтні комплекси найбільш знижених поверхонь тераси, що утворились на давньоалювіальних пісках та супісках, проте їхні відміни ґрунтів мають більш низький вміст фізичної глини у своєму складі – до 10%.

Ландшафти кальцієво-глейового (H-Ca) класу. Ландшафтні комплекси H^+ - Ca^{2+} класу складають 7,2% території міста. Вони характеризуються низьким вмістом гумусу, слабкою кислотністю та незначним вмістом обмінних катіонів (Ca, Mg).

Основним джерелом надходження Ca в ґрунт є рослинний опад. Тому процеси гуміфікації протікають за умов достатньої кількості кальцієвих солей та насичення гумусових речовин, які утворюються Ca, що майже повністю виключає формування та винесення вільних водорозчинних органічних речовин [16].

Ca – потужний коагулятор, у зв'язку з чим води прозорі та бідні колоїдами. У цих водах незначна міграційна спроможність Fe, малорухомого в нейтральному середовищі. Легко мігрують Mo, U та інші абіогенні елементи [9,16]. Геохімічні характеристики ландшафтних комплексів в значній мірі пов'язані з інтенсивною міграцією та акумуляцією Ca, який обумовлює здебільшого нейтральну реакцію ґрунтів, вод, коагулює колоїди, входить в склад

більшості продуктів вивітрювання та ґрунтоутворення, є одним з основних компонентів ґрунтових та поверхневих вод. Цей клас ландшафтів за рівнем самоорганізації значно перевищує ландшафти кислого класу.

Для ландшафтних комплексів кальцієво-глейового класу у межах території дослідження характерними є різноманітні ландшафтні умови, що визначають їх геохімічні особливості. Знижені надзаплавно-терасові рівнини, з світло-сірими та сірими ґрунтами за фізико-хімічними характеристиками є близькими до дерново-підзолистих, що свідчить про інтенсивний розвиток у них підзолистого процесу. Вони містять досить мало гумусу (1,5-2,1%), його запаси зосереджені у малопотужному гумусово-елювіальному горизонті. Реакція ґрунтового розчину – кисла (рН 4,5-5,5), гідролітична кислотність становить 2,5-3 мг-екв/100 г ґрунту, а сума обмінних основ – 10-12 мг-екв/100 г ґрунту, яка зростає в ілювіальному горизонті внаслідок збагачення його мулистю фракцією. Ґрунти насичені основами на 62-70%. Розповсюдження ландшафтів цього класу у межах території міста сприяє процесам перерозподілу забруднювачів.

Вміст ВМ в атмосферному повітрі. Місто Бровари охоплює площу 34 км² з густиною населення 3133 осіб/км². За показником чисельності населення місто займає друге місце в Київській області (107 000 жителів) після м. Біла Церква.

Незважаючи на те, що в останні роки викиди пилу з промислових підприємств міста зменшуються, роль інших антропогенних джерел летючих забруднюючих речовин, включаючи рух транспорту, постійно зростає. Підприємства, вплив яких оцінювався на ландшафти міста: Казений завод порошкової металургії, ЗАТ "Броварський завод пластмас", ВАТ "Броварський шиноремонтний завод", АТ "Кранобудівна фірма "Стріла", СП "Броварський завод торгового машинобудування", КП "Київський завод алюмінієвих будівельних конструкцій", ЗАТ "Броварський деревообробний комбінат", ТОВ "Полімер-колор", МКП "Автоматика", ВАТ "Трансметал", ВАТ "Завод будівельних конструкцій" та інші. Також найбільшими забруднювачами в місті залишається транспорт та підприємства житлово-комунального господарства. Однією зі складових якості атмосферного повітря є вміст у ньому забруднюючих речовин, що надходять з викидами від стаціонарних джерел забруднення та транспорту.

Згідно з динамікою викидів в атмосферне повітря за їх хімічним складом впродовж 2011–2019 рр. в м. Бровари, основними забруднюючими речовинами є: оксид вуглецю (56%), діок-

сид та інші сполуки сірки (19%), речовини у вигляді суспендованих твердих частинок (9%) та оксиди азоту (11%).

Автомобільний транспорт відноситься до основних пересувних джерел забруднення навколишнього середовища міста. Крім транспортних засобів, основними джерелами забруднення свинцем та іншими речовинами, що пов'язані з роботою автотранспорту, виробництвом та обслуговуванням автомобілей є ВАТ "Броварський шиноремонтний завод", СП "Броварський завод торгового машинобудування", "Київський завод алюмінієвих будівельних конструкцій", місцеві стоянки та станції технічного обслуговування. Інтенсивність руху транспортних засобів на одній вулиці коливається від 20024 до 31360 авт./добу. Внесок автомобільного транспорту в сумарні викиди забруднюючих речовин в атмосферу досягає 41,6%, в тому числі: оксиду вуглецю 72,5%, оксидів азоту 67,3% тощо (табл.2). Автомобільний транспорт є джерелом не тільки оксидів вуглецю та азоту але і ВМ, пилових частинок в атмосфері міста. З ним пов'язані викиди великої кількості Ni, Cr та Zn, які входять до складу покриття автомобілів. Забруднення атмосфери та ґрунтово-рослинного покриву узбіч автодоріг Co, Cu, Fe, Zn та іншими елементами відбувається в результаті стирання автомобільних покришок.

Бензопірен надходить в атмосферне повітря при спалюванні різних видів палива, є речовиною I класу небезпеки та має канцерогенну дію. Формальдегід надходить в атмосферу при неповному згорянні рідкого палива, а також у суміші з іншими вуглеводнями від викидів промислових підприємств і автотранспорту, але в основному є вторинною домішкою, що утворюється в процесі хімічної реакції вуглеводнів в атмосфері. Таким чином, за 2009-2019 рр. зріс рівень забруднення атмосферного повітря міста оксидом азоту (II), формальдегідом, оксидом вуглецю (II), підвищився вміст зважених речовин, дещо знизилася середньорічна концентрація бензопірену та діоксиду сірки. Середня за рік концентрація формальдегіду становила 2,0 ГДК, а бензопірену 1,5 ГДК. Перевищення максимально разових ГДК зафіксовано в зонах з високим рівнем автомобільного руху, насамперед у громадській зоні, зоні транспортної та інженерної інфраструктури: сірководню в 1,8-6,6 разів; оксидів азоту в 2-4 разів, бензопірену в 3,2; оксиду вуглецю (II) та зважених речовин, що містять важкі метали в 2,4 рази.

Спостереження за сезонним станом атмосферного повітря проведено на базі Централь-

ної геофізичної обсерваторії імені Бориса Срезневського. В порівнянні з січнем 2019 в липні 2019 р. вміст Ni, Zn зріс в 0,4-1,1, Mn в 6-7 разів, вміст Pb зменшився в 0,3-0,5 рази. Для Cd, Cr,

Co, Mo та V різких змін не було зафіксовано. Разові викиди свинцю досягали 9,1 мкг/м³, міді 2,8 мкг/м³ (табл.3).

Таблиця 2

Середньорічні і максимальні концентрації забруднювальних речовин за 2019 рік за даними Центральної геофізичної обсерваторії

Домішки	ГДК*		м. Бровари			
	с.д.	м.р.	Середньорічні концентрації		Максимальні концентрації	
			ГДКм.р	абс.в.	ГДКс.д.	абс.в.
Завислі речовини	0,15	0,50	0,4	0,05	0,3	0,10
Діоксид сірки	0,05	0,50	0,1	0,039	0,8	0,086
Оксид вуглецю	3,0	5,0	0,6	1,4	0,5	4,0
Діоксид азоту	0,04	0,20	1,1	0,08	2,0	0,16
Кадмій	0,3	-	0,0	0,003	0,0	0,010
Залізо	40,0	-	0,0	0,76	0,0	1,10
Манган	1,0	-	0,0	0,03	0,0	0,04
Мідь	2,0	-	0,0	0,04	0,0	0,06
Нікель	1,0	-	0,0	0,02	0,0	0,09
Свинець	0,3	-	0,1	0,02	0,1	0,04
Хром	1,5	-	0,0	0,01	0,0	0,05
Цинк	50,0	-	0,0	0,11	0,0	0,15

* ГДК_{с.д.} та ГДК_{м.р.} в мг/м³, для важких металів – в мкг/м³;

** абс.в. – концентрація в абсолютних величинах (для основних домішок – в мг/м³, для важких металів – в мкг/м³)

Таблиця 3

Вміст важких металів в атмосферному повітрі м. Бровари (за даними Центральної геофізичної обсерваторії імені Бориса Срезневського)

Клас небезпеки		I			II				III		IV
Елемент, ГДК, мкг/м ³		Pb	Cr	Cd	Ni	Co	Mn	Cu	Zn	Mo	V
Функціональна зона		0,3	1,5	0,3	1,0	0,4	0,1	1,0	3,0	20	2,0
Громадська зона	Зима	6,8	2,3	13·10 ⁻³	2,6	0,06	0,6	1,9	2,7	0,08	0,048
	Літо	3,7	2,1	17·10 ⁻³	3,2	0,02	3,7	1,4	3,9	0,12	0,069
Житлова зона	Зима	5,2	0,9	0,5·10 ⁻³	1,7	0,04	0,8	0,9	0,8	0,9	0,032
	Літо	3,4	0,7	0,4·10 ⁻³	2,1	0,05	0,6	0,7	2,6	0,7	0,030
Ландшафтно-рекреаційна зона	Зима	1,8	0,8	0,3·10 ⁻³	0,9	0,03	0,5	0,4	0,5	0,03	0,025
	Літо	1,6	0,6	0,2·10 ⁻³	1,5	0,02	0,3	0,2	2,3	0,02	0,019
Зона транспортної інфраструктури	Зима	7,9	3,1	11·10 ⁻³	2,1	0,07	1,5	2,4	2,8	0,15	0,076
	Літо	6,2	3,8	15·10 ⁻³	2,9	0,06	2,2	1,9	3,5	0,09	0,055
Зона інженерної інфраструктури	Зима	3,1	2,1	15·10 ⁻³	2,9	0,08	2,4	1,4	3,5	0,18	0,097
	Літо	3,4	2,7	17·10 ⁻³	3,5	0,07	2,1	1,1	4,6	0,09	0,076
Зона виробничих та комунально-складських об'єктів	Зима	9,1	2,5	18·10 ⁻³	3,8	0,11	3,2	2,8	4,6	0,28	0,128
	Літо	8,5	2,2	17·10 ⁻³	3,1	0,22	3,7	2,7	5,9	0,26	0,107
Зона спеціального призначення	Зима	4,7	2,2	15·10 ⁻³	2,0	0,09	1,8	1,4	2,3	0,17	0,093
	Літо	4,3	1,9	13·10 ⁻³	2,4	0,07	1,6	1,1	3,1	0,13	0,084

Забруднення атмосферного повітря в м. Бровари має сезонні відмінності. Влітку різке підвищення вмісту поллютантів – Pb, Cd, Cr, Zn зафіксовано в зонах транспортної та інженерної інфраструктури, а Ni, Co, Mn в зоні - виробничих та комунально-складських об'єктів. Викиди автомобільного транспорту в атмосферне повітря кількісно перманентні за будь-якого сезону.

У зв'язку з транспортними та промисло-

вими викидами середньодобові проби атмосферного пилу містять високу частку халькофільних і сидерофільних елементів – Cd, Mo, Pb, Zn. Літофільні елементи – Ti, V, Mn, Cr та Fe в аерозолях мають слабку акумуляцію, що узгоджується з загальними тенденціями накопичення ВМ для атмосферних аерозолів [5].

Концентрація поллютантів в атмосферному повітрі в десятки і сотні разів вища ніж в суміжних середовищах. За результатами концен-

трацій ВМ, найвищий вміст елементів-забруднювачів зареєстровано в транспортній зоні та зоні виробничих та комунально-складських об'єктів, перевищуючи ГДК: Mn (до 40 разів), Cr (2-3), Zn (до 2), Co (1), Pb (8-30).

У житловій зоні та зоні транспортної інфраструктури вміст Pb перевищує ГДК в 16-22 разів. Вміст зважених часток становить від 3,2 до 8 ГДК в усі пори року.

Найменш забруднена ландшафтно-рекреаційна зона міста, де вміст завислих часток в повітрі коливався між 2,5 і 4,6 ГДК, нормативи перевищені по Pb (в 2-3 разів), Ni (1-2), Mn (до 5). У житловій зоні перевищено стандарт для – Pb в 17, Mn в 6-8, Ni в 1,5-2 рази. В межах зони спеціального призначення в повітрі спостерігався підвищений вміст Pb (12-16 ГДК), Ni (до 3), Mn (до 18). Концентрації інших елементів-забруднювачів також були високими. Вміст ВМ в повітрі в грудні-лютому збільшувалася в денні години до 9,0-11,2 мкг/м³ (при 1,0-1,4 ГДК).

Стійкість тенденції щодо розподілу елементів-забруднювачів в атмосферному повітрі м. Бровари потребує багаторічного моніторингу. Забруднення повітря від різних джерел помітно різняться по сезонах.

Вміст важких металів в ґрунтовому покриві. Вміст та розподіл ВМ у ґрунтових профілях визначається кількістю органічної речовини, фізико-хімічними властивостями ґрунтів та перебігом ґрунтоутвірних процесів. Природний вміст мікроелементів у ґрунті залежить насамперед від типу материнської породи, яка є їх основним джерелом походження [1-3].

Характерними рисами міських ґрунтів є нейтральна або лужна реакція, підвищена об'ємна маса, знижена вологемність та ущіль-

неність. Це ускладнює можливість ідентифікувати залежності фізико-хімічних змін, що відбуваються в ґрунтового покриві та сприяють закріпленню елементів-забруднювачів [15].

Територія міста забруднена елементами І-ІІІ класу небезпеки – свинцем, цинком, кобальтом, міддю тощо. Площинне забруднення перевищує фонові значення, окремі техногенні поля мають показники, що перевищують ГДК. В процесі дослідження було виділено ділянки з підвищеним вмістом хімічних елементів, які утворюють площинні та точкові аномалії.

Під час ландшафтно-геохімічного вивчення території м. Бровари особливу увагу було приділено територіям, що перебувають під впливом підприємств, які характеризуються підвищеними об'ємами повітряних викидів: Казений завод порошкової металургії, ЗАТ "Броварський завод пластмас", СП "Броварський завод торгового машинобудування", КП "Київський завод алюмінієвих будівельних конструкцій", ТОВ "Полімер-колор" (табл. 4).

Відповідно до значень цього коефіцієнта в ґрунтах міста спостерігається підвищений валовий вміст ВМ у порівнянні з фоновими значеннями. Вміст Cu, Pb, Zn підвищено (Kc>3) в зонах інженерної інфраструктури та виробничих та комунально-складських об'єктів; Pb, Zn, Co – в зоні інженерної інфраструктури; Pb і Cu – в громадській зоні; Zn, Ni, Pb і Cu – в зоні транспортної інфраструктури [11,12].

Для сірих ґрунтів – Pb, Cu; для дерново-підзолистих ґрунтів – Pb і Cu; для дерново-підзолистих глеюватих та лучних ґрунтів – Cu і Zn; для урбаноземів основними поллютантами є Cu, Zn, Pb (Kc> 4,0) [17].

Таблиця 4

Середні показники валового вмісту ВМ у ґрунтах підприємств м. Бровари, мг/кг (за даними власних досліджень)

Хімічний елемент	Казений завод порошкової металургії	ЗАТ "Броварський завод пластмас"	СП "Броварський завод торгового машинобудування"	КП "Київський завод алюмінієвих будівельних конструкцій"	ТОВ "Полімер-колор"	Регіональні фонові значення (за А.І. Фатєєвим) [14]	ГДК (Дмитрієв і др., 1989) [4]
Mn	720	850	1230	1200	680	395 75-1400	1500
Ni	28	17	23	34	19	12 9-20	20
Co	8	13	11	18	23	10 2,5-20	-
V	82	37	46	21	42	16 8-29	-
Cr	76	64	85	97	74	39 20-67	100
Mo	1,6	2,6	2,1	3,4	3,6	2,4	-

						1,5-5,0	
Cu	980	1050	890	970	780	8 1,4-20	33
Pb	56	87	172	140	165	11,4 6-25	32
Zn	760	540	430	580	710	42 8-96	55

В цілому для Броварів встановлено наявність поліелементних забруднень міських ґрунтів. У ґрунтах техногенно-антропогенних зон міста основним поллютантом є Cu, Pb та Zn. Ряди накопичення валових форм ВМ відповідно Кс за функціонуванням міста виглядають наступним чином (табл. 5):

Громадська зона:

Pb>Cu>Cr>Mn>V>Mo>Zn>Ni>Co;

Житлова зона:

Cu>Pb>Cr>Mn>Zn>Mo>Ni>V>Co;

Ландшафтно-рекреаційна зона:

Cu>Zn>Pb>Mo>Cr>Mn>V>Ni>Co;

Зона транспортної інфраструктури:

Cu>Pb>Zn>Cr>Mn>Mo>Ni>Co>V;

Зона інженерної інфраструктури:

Cu>Pb>Zn>Co>Cr>Mo>V>Mn>Ni;

Зона виробничих та комунально-складських об'єктів:

Cu>Pb>Zn>Co>Cr>V>Mo>Mn>Ni;

Зона спеціального призначення:

Cu>Pb>Co>Zn>Cr>Mn>V>Mo>Ni.

Ґрунти ландшафтно-рекреаційної зони відрізняються найменшим вмістом ВМ: для багатьох елементів Кс <1, накопичення відзначається тільки для Cu та Pb. У зоні виробничих та комунально-складських об'єктів та спеціального призначення виявлено одні з найвищих

концентрацій поллютантів у місті. Найбільш інтенсивно акумулюються Cu, Pb, Zn, Co, Cr. Поблизу великих автомагістралей акумулюються Pb, Zn (Кс = 58 і 2,6), а також Cr, Mo, Ni (0,8-2,1). У менших концентраціях виявлені V (0,62). Локалізація аномалій ВМ зафіксована в міській промисловій зоні та біля автомагістралей [11, 17].

У житловій зоні міста розрізняються ґрунти одноквартирної забудови та зони багатоквартирної мало- та середньоповерхової забудови. Процеси акумуляції і розсіювання ВМ в ґрунтах приватної забудови йдуть менш інтенсивно, ніж багатоповерхової, незважаючи на їх значну емісію. Райони одноквартирної забудови характеризуються слабкою геохімічною трансформацією ґрунтового покриву: для більшості елементів Кс <1,0, крім Zn, Pb. У зоні багатоповерхової забудови виявлені більш високі концентрації поллютантів: для Cr і Cu (Кс = 1,4 і 5,3 відповідно). У фонових ґрунтах і в ландшафтно-рекреаційній зоні міста крім асоціації Cu> Zn> Pb> Mo> Cr> Mn> V> Ni> Co спостерігається Cu> Pb> Cr> Mn> Zn> Mo> Ni> V> Co. Склад асоціацій в ґрунтах районів приватної забудови близький до фонових значень та значень ландшафтно-рекреаційної зони.

Таблиця 5

Коефіцієнти концентрації ВМ за функціональними зонами м. Бровари (розраховано за даними власних досліджень)

Хімічний елемент	Громадська зона	Житлова зона	Ландшафтно-рекреаційна зона	Зона транспортної інфраструктури	Зона інженерної інфраструктури	Зона виробничих та комунально-складських об'єктів	Зона спеціального призначення	Регіональні фонові значення (за А.І. Фатєєвим) [14]
Mn	400	380	220	760	670	910	830	395
Кс	1,01	0,9	0,5	1,9	1,7	2,3	2,1	
Ni	9,4	8,3	8,1	10	7,5	11	10	12
Кс	0,7	0,69	0,67	0,83	0,6	0,9	0,8	
Co	5,6	4,7	4,1	6,4	32	52	44	10
Кс	0,56	0,47	0,4	0,64	3,2	5,2	4,4	
V	14	9,5	11	10	32	43	29	16
Кс	0,87	0,59	0,68	0,62	2	2,6	1,8	
Cr	42	55	28	82	110	138	102	39
Кс	1,07	1,4	0,7	2,1	2,8	3,5	2,6	
Mo	2,1	1,9	1,7	4,2	5,1	6,4	4,5	2,4
Кс	0,87	0,79	0,7	1,7	2,1	2,6	1,8	
Cu	31	43	38	115	340	540	490	8
Кс	3,8	5,3	4,7	14,3	42,5	67,5	61	

Pb	55	18	16	82	76	78	62	11
Kc	5	1,6	1,4	5,8	6,9	7	5,6	
Zn	35	55	32	110	165	230	170	42
Kc	0,8	1,3	0,76	2,6	3,9	5,4	4	

На відміну від валового вмісту, концентрації рухомих форм свинцю в ґрунтах всіх досліджуваних функціональних зон міста не перевищують ГДК. Перевищення санітарно-гігієнічних показників не відзначається також для кобальту і нікелю. На відміну від валового вмісту важких металів у ґрунтах, де простежується чітка відмінність між антропогенними і техногенними зонами міста, ряди накопичення ВМ за Кс для всіх функціональних зон міста мають подібний характер. Найбільш небезпечними забруднювачами є рухомі форми Zn і Pb [8,12].

При порівнянні фонових і міських територій виділена техногенна асоціація: Cu > Pb > Zn > Co > Cr > V > Mo > Mn > Ni. Вона приурочена до виробничих та комунально-складських об'єктів та зон спеціального призначення, досліджувані ВМ характеризуються високою технофільністю [17].

Особливий зміст при оцінці еколого-геохімічного стану ґрунтів складають рухомі форми ВМ, що здатні переходити з твердих фаз в ґрунтові розчини та поглинатися живими орга-

нізмами. Саме тому нами проведена оцінка вмісту рухомих форм ВМ як в ґрунтах основних функціональних зон міста, так і в основних типах ґрунтів у межах м. Бровари (табл.6).

Вміст рухомих форм цинку в дерново-слабопідзолистих піщаних та супіщаних ґрунтах знаходиться в межах допустимих значень, в той час як ґрунти зони виробничих та комунально-складських об'єктів виходять за норми ГДК. На 58% територій спеціальної зони та зони транспортної інфраструктури рухомого цинку в ґрунті перевищує ГДК в 1,1-2,7 разів. У ґрунтах всіх функціональних зон Броварів встановлено перевищення ГДК по вмісту рухомої міді. На 90% територій зони виробничих та комунально-складських об'єктів та зони спеціального призначення, незалежно від типу ґрунтів, вміст рухомої міді сягає 1,4-3,2 ГДК, на 32% житлової зони (урбаноземі) - до 1,1-2,3 ГДК. У дернових глеюватих супіщаних ґрунтах 34% і в світло сірих ґрунтах 19% відзначається перевищення ГДК по міді, що становить 1,2-3,4 ГДК і 1,1-1,6 ГДК, відповідно.

Таблиця 6

Вміст рухомих форм важких металів у функціональних зонах м. Бровари (за даними власних досліджень)

Функціональна зона	Ni	Co	Cr	Cu	Pb	Zn
Громадська зона	0,59	0,27	0,26	2,8	0,61	4,10
Житлова зона	0,29	0,31	0,21	5,7	0,34	4,30
Ландшафтно-рекреаційна зона	0,31	0,33	0,32	2,9	0,58	3,88
Зона транспортної інфраструктури	0,56	0,50	0,41	4,30	1,03	4,90
Зона інженерної інфраструктури	0,42	0,72	0,38	3,87	0,93	5,60
Зона виробничих та комунально-складських об'єктів	0,68	0,81	0,49	6,80	0,88	6,80
Зона спеціального призначення	0,52	0,58	0,51	9,70	0,94	6,60
ГДК рухомих форм Кисіль В.І., 1997 (ацетатно-амонійнийбуфер, рН 4,8)	4	3	6	3	2	23

Вміст рухомих форм заліза в ґрунтах житлових та громадських зон міста знаходиться в межах норми (0,24 мг/кг), а в ґрунтах ландшафтно-рекреаційної зони спостерігається різке збільшення його вмісту (0,52 мг/кг). Накопичення заліза в цих ґрунтах може бути пов'язано як з особливостями ґрунтоутворюючих порід, так із руйнуванням залізистих сполук, що надходять в ґрунт з добре збереженими рослинними рештками [12].

Нами виділено наступні асоціації накопичення рухомих форм ВМ, характерних для різних функціональних зон міста:

Громадська зона: Zn > Cu > Pb > Ni > Co > Cr;

Житлова зона: Zn > Cu > Pb > Co > Ni > Cr;

Ландшафтно-рекреаційна зона: Zn > Cu > Pb > Co > Cr > Ni;

Зона транспортної інфраструктури: Zn > Cu > Pb > Ni > Co > Cr;

Зона інженерної інфраструктури: Zn > Cu > Pb > Co > Ni > Cr;

Зона виробничих та комунально-складських об'єктів: Zn > Cu > Pb > Co > Ni > Cr;

Зона спеціального призначення: Cu > Zn > Pb > Co > Ni > Cr.

За вмістом та ступенем забруднення рухомими формами ВМ природні фонові ґрунти мають низький вміст Ni, Co, Cr, середнє – Cu, Pb і Zn.

Ґрунти 7% площі громадської та житло-

вої зони і 32% ландшафтно-рекреаційної зони слабо забруднені Cu, 11% території зони інженерної інфраструктури і 21% територій міста, що зайняті ясно-сірими легкосуглинковими ґрунтами, мають високий ступінь забруднення ґрунтів цим поллютантом [11,17].

Фонові ґрунти міста накопичують рухомі форми ВМ в наступному порядку спадання (табл.7):

Ясно-сірий супіщаний: Cu > Zn > Ni > Pb >

Cr > Co;

Ясно-сірий легкосуглинковий: Zn > Cu > Ni > Pb > Co > Cr;

Дерновий глеюватий слабосолонцюватий легкосуглинковий: Zn > Cu > Pb > Ni > Co > Cr;

Дерново-слабопідзолистий піщано-супіщаний: Zn > Cu > Ni > Co > Pb > Cr;

Алювіальний шаруватий супіщаний: Zn > Cu > Co > Pb > Ni > Cr.

Таблиця 7

Вміст валових та рухомих форм ВМ в фонових ґрунтах м. Бровари, мг/кг (за результатами власних досліджень)

№	Ґрунт	Ni	Cr	Zn	Co	Cu	Pb
1	Ясно-сірий супіщаний	15	21	45	4	11	32
		1,6	0,26	2,1	0,18	2	0,38
2	Ясно-сірий легкосуглинковий	20	34	55	6	23	38
		1,5	0,36	1,9	0,38	3,1	0,43
3	Дерновий глеюватий слабосолонцюватий легкосуглинковий	12	29	38	8	34	35
		0,49	0,32	4,52	0,37	2,37	0,47
4	Дерново-слабопідзолистий піщано-супіщаний	19	21	58	8	32	24
		1,3	0,27	3,42	0,9	3,18	0,33
5	Алювіальний шаруватий супіщаний	11	19	34	6	26	20
		0,26	0,24	2,1	0,53	1,12	0,29
	ГДК рухомих форм Кисіль В.І., 1997 (ацетатно-амонійний буфер, рН 4,8)	4	6	23	3	3	2

За сумарним показником забруднення рухомими формами ВМ ґрунтів досліджувані функціональні зони міста відчують помірно небезпечне техногенне навантаження.

Порівнюючи значення Zc по валовому вмісту ВМ з вмістом їх рухомих форм, можна припустити, що в ґрунтах зони виробничих та комунально-складських об'єктів більша частина ВМ знаходиться в легкодоступній для рослин формі. У той час як для ґрунтів житлової та ландшафтно-рекреаційної зони характерна протилежна тенденція - тут метали накопичуються переважно в фіксованих, нерухомих формах. Нами розглянуті як зміна валового вмісту ВМ (Pb, Zn, Cu, Cr, Ni) в товщі ґрунтів, так і розподіл рухомих форм Pb, Zn, Cu, Cr, Ni по ґрунтовому профілю типових ґрунтів основних функціональних зон м. Бровари. В дерново-слабопідзолистих піщаних та супіщаних ґрунтах фонових територій міста не спостерігається значних коливань валового вмісту Cr, Ni, Co по ґрунтовому профілю. В порівнянні з урбаноземами в ґрунтах фонових територій спостерігається накопичення сполук ВМ з глибинних ґрунтових горизонтів. Очевидно, це пов'язано, із значно меншим рівнем техногенного навантаження та підвищеною кислотністю верхніх горизонтів природних ґрунтів, в порівнянні з міськими ґрунтами. В таких умовах розчинність сполук більшості ВМ підвищується та збільшується їх міграційна здатність. Низький

вміст важких металів у верхньому гумусовому горизонті та переважне їх накопичення в нижніх ґрунтових горизонтах пояснюється також відсутністю на фоновій ділянці деревних форм рослинності. Очевидно, що це перешкоджає переміщенню ВМ з ґрунтоутворюючих порід в верхні горизонти ґрунту та наземну частину рослин. В цьому випадку спостерігається низька контрастність біогеохімічного бар'єру, пов'язаного з утворенням рослинної біомаси. Виняток становить лише цинк, вміст якого в верхньому горизонті ґрунту дещо вищий. Міські ґрунти значно забруднені ВМ у порівнянні з природними фоновими ґрунтами. Максимальні концентрації елементів-забруднювачів в більшості випадків приурочені до верхнього органічного горизонту, де інтенсивно протікає процес гумусоутворення, що сприяє зв'язуванню важких металів та їх накопиченню [6,11].

Інші горизонти досліджуваних ґрунтів характеризуються низьким вмістом гумусу (до 0,4%), з глибиною змінюється реакція середовища ґрунтового розчину, а щільність ґрунту зростає. Ці властивості призводять до зниження мікробіологічної активності ґрунтів та рухливості ВМ. Розподіл частини важких металів (Pb, Zn, Cu) в ґрунтах функціональних зон міста підпорядкований загальним тенденціям: в ґрунтах природно-антропогенних зон за профілем ВМ розподіляються рівномірно, як і в ґрунтах фонові території з невеликим накопиченням у

верхньому горизонті. Для техногенно-антропогенних зон міста, незалежно від типу ґрунтів, спостерігається чітка акумуляція металів у верхньому ґрунтовому горизонті.

Це пов'язано, в першу чергу, з аеротехногенним характером забруднення цих ґрунтів. На накопичення цих металів впливає і сорбційний бар'єр, який проявляється в закріпленні металів органічною речовиною та глинистими компонентами. Наприклад, Cu і Zn, будучи мікроелементами, можуть накопичуватися в верхньому горизонті і за рахунок біогенної акумуляції [6,11,12].

Розподіл Ni, Mn і V має свої особливості. У ґрунті фонові території накопичення Ni, Mn спостерігається гумусно-елювіальному, на глибині від 8-10 см, а V акумулюється в перехідному до ґрунтоутворюючої породи горизонті, на глибині від 28 см. Подібні закономірності характерні для Ni в ґрунтах всіх техногенно-антропогенних зон міста, для Mn – в ґрунтах зони виробничих та комунально-складських об'єктів, для V – в ґрунтах, як зони інженерної інфраструктури, так і ландшафтно-рекреаційної зони. У ґрунтах житлової та громадської зони Mn і V акумулюються у верхньому гумусовому горизонті.

Таким чином, на накопичення важких металів у ґрунтах міста впливають ступінь техногенно-антропогенного навантаження, особливості самого елемента-забруднювача та біогеохімічні бар'єри. У розподілі рухомих форм важких металів за профілем міських ґрунтів незалежно від їх типу загальних закономірностей виявити не вдалося. Очевидно, вони в значній мірі пов'язані з фізико-хімічним складом ґрунтів. Найбільша міграційна здатність рухомих форм Pb відзначається в ґрунтах зони транспортної інфраструктури та зони виробничих та комунально-складських об'єктів, де утримуюча здатність ВМ змінюється зниженим вмістом органічного вуглецю та залежно від поглинальної здатності ґрунтів. У ґрунтах житлових та громадських зон максимум накопичення Pb зафіксований в перехідному до ґрунтоутворюючої породи горизонті, оскільки вирішальну роль відіграє рівень рН, який в ньому максимальний. На більшості територій природно-антропогенних зон міста накопичення Pb відзначається в ілювіально-гумусному горизонті. Розподіл рухомих форм Zn по ґрунтовому профілю фонових ґрунтів, ґрунтів житлової та ландшафтно-рекреаційної зони рівномірний, а для світло-сірих супіщаних ґрунтів – аналогічний до закономірностей розподілу його валових форм. У ґрунтах зони виробничих та комунально-складських об'єктів спостерігається два

максимумами накопичення рухомих форм цинку: у верхньому горизонті, найбільш збагаченому гумусом, і в нижньому, де відбувається зростання рН ґрунтового розчину. Накопичення рухомих форм Cu і Co в міських ґрунтах і ґрунтах фонові території приблизно аналогічне за профілем, виняток становлять ґрунти зони спеціального призначення, де у Cu спостерігається два максимума накопичення, як і у Zn, а у Co – один, в ілювіально-гумусному горизонті з ознаками урбопедогенезу [11,17].

Величина рН ґрунтового розчину впливає і на акумуляцію Ni в перехідному до ґрунтоутворюючої породи горизонті зони виробничих та комунально-складських об'єктів. У ґрунтах житлової зони і ландшафтно-рекреаційної зони накопичення Ni відбувається в верхніх горизонтах і знижується вниз за профілем, в сірих лісових легкосуглинкових ґрунтах, як правило, спостерігається два максимума накопичення.

На основі значень коефіцієнтів концентрації був розрахований сумарний показник забруднення Zc (65), який відображає загальний вміст ВМ в ґрунтах, як по основним функціональним зонам міста, так і за основними типами ґрунтів міста.

За сумарним показником техногенного забруднення житлова зона міста відноситься до помірно-небезпечної категорії забруднення ґрунтів. У той час як всі функціональні зони міста можуть бути віднесені до категорії небезпечних.

Вміст важких металів в рослинах. На території міста Бровари виконано роботи по ідентифікації біогеохімічних аномалій. Для реалізації цих цілей використано домінуючі види рослин основних функціональних зон міста. Результати досліджень свідчать, що навколо джерел інтенсивного господарського впливу міста формуються висококонтрастні аномалії ВМ. Зокрема, в листі клену гостролистого (*Acer platanoides*) поблизу Казенного заводу порошкової металургії визначено вміст міді, цинку, хрому в 10-20 разів вище фонових значень.

Встановлено, що високі концентрації ВМ в деревній рослинності міста корелюють з аномаліями цих елементів в атмосферному повітрі та ґрунтах, проте накопичення елементів відбувається вибірково, що пов'язано з ландшафтно-геохімічними особливостями території, видовою специфікою рослин, формами знаходження елементів та іншими факторами [8,12].

Вивчення вмісту важких металів в деревних видах рослинності міста Бровари дало можливість виявити біогеохімічні аномалії в зонах

впливу інтенсивних техногенних джерел. Зокрема, встановлено, що в листі та пагонах липи дрібнолистої навколо ЗАТ "Броварський завод пластмас" в високих концентраціях накопичується цинк, свинець, мідь, хром і марганець, перевищуючи фонові значення в 10-30 разів. Накопичення ВМ у зонах впливу підприємств з виробництва пластмас є прикладом домінуючої ролі аеротехногенного надходження поллютантів в рослини. Найбільше метали накопичуються в листі та корі дерев.

Одночасно високі рівні накопичення металів в рослинності не завжди корелюють з забрудненням ґрунтів, що пов'язано з позакореневим надходженням забруднювачів.

Визначення рівня вмісту важких металів у рослинах основних функціональних зон міста здійснено шляхом вибору індикаторних видів для аналізу кореляційної залежності між вмістом токсичних елементів в системі ґрунт-рослина. Серед них були вивчені представники, що володіють високими індикаторними властивостями. Середні концентрації ВМ та межі коливань в досліджуваних видах рослин свідчать про біогеохімічну спеціалізацію цих видів. Пирій повзучий (*Elymus repens*) в порівнянні з іншими рослинами вирізняється середнім фоном більшості елементів-забруднювачів. Найменш активними концентраторами ВМ в умовах забруднених територій міста виявилася сосна звичайна (*Pinus sylvestris*). Аналіз результатів хімічного складу рослин показує залежність вмісту ВМ в рослинах від окремих функціональних зон міста (табл. 8). Функціональні зони визначають при цьому однорідність геохімічних умов і однотипність техногенних навантажень для рослинного покриву м. Бровари. Рослини зони виробничих та комунально-складських об'єктів характеризуються найвищими рівнями концентрації ВМ. Відзначається найбільша контрастність у вмісті мікроелементів. Вміст міді перевищує в 5-10 рази вміст в інших функціональних зонах. Концентрації цинку коливаються в межах від 87 до 2960 мг/кг, досягаючи максимальних значень в листі клену гостролистого. Отримані дані перевищують більш ніж в 10 раз фоновий рівень, характерний для рослин, що проростають на значній відстані від

джерел промислових викидів. Розподіл важких металів у рослинах житлової зони характеризується також підвищеними концентраціями. Рівень вмісту цинку в клену гостролистого наближається до рівнів зони інженерної інфраструктури (970 мг/кг).

Зафіксовано максимуми концентрацій для міді (36 мг/кг), свинцю (37 мг/кг), цинку (970 мг/кг). Очевидно це зумовлено багаторічним впливом побутових джерел забруднення ВМ. В зоні транспортної інфраструктури та виробничих та комунально-складських об'єктів вплив простежується для всіх досліджуваних елементів-забруднювачів, так, істотне значення на вміст міді та цинку має акумуляція нітратного азоту в ґрунті. Це може бути обумовлено впливом пилового забруднення рослин, особливо в зонах міста, що характеризуються підвищеною техногенною діяльністю.

Зафіксовано зміни в рослинності ландшафтно-рекреаційної зони міста (особливо на дерново-середньопідзолистих глеуватих пілуватих супіщаних ґрунтах). Тут інтенсивніше відбувається поглинання свинцю деревною рослинністю, що призводить до перевищення ГДК (5 мг/кг).

Аналіз накопичення міді виявив перевищення ГДК (20 мг/кг) в 1,1-2,5 раз в рослинах, на 26% спеціальної зони і 47% зони виробничих та комунально-складських об'єктів. На решті території міста її вміст є також підвищеним для нормального зростання і розвитку рослин. У той же час в рослинності фоновій території і 57% зони спеціального призначення відзначається зниження вмісту цього металу. Найбільше перевищення ГДК свинцю (5,0 мг/кг) спостерігається в рослинах зони транспортної інфраструктури – 40 мг/кг.

В якості оціночного показника для цинку використовували його фітотоксичну концентрацію (400,0 мг/кг). Перевищення фітотоксичної концентрації цинку зафіксовано в усіх функціональних зонах міста. На 30% транспортної зони та зони виробничих та комунально-складських об'єктів для рослинності відзначено перевищення цинку (2380-2960 мг/кг) в 6-8 разів.

Таблиця 8

Середні показники валового вмісту ВМ в різних типах рослинності функціональних зон м. Бровари, мг/кг (за даними власних досліджень)

Функціональна зона	Тип рослинності	Хімічний елемент, мг/кг						
		V	Cr	Cu	Ni	Pb	Mn	Zn
Громадська зона	трав'яна	8,7-25	2,1-27	12-38	3,2-19	5-36	110-620	87-1300
	деревна	11-23	6,3-22	8,5-32	7,1-21	3,1-30	85-450	23-1260
Житлова зона	трав'яна	12-26	10-32	12-36	3-21	8-37	90-450	12-970

	<i>деревна</i>	3-19	15-26	8-29	2,4-18	5-27	190-230	42-340
Ландшафтно-рекреаційна зона	<i>трав'яна</i>	3,5-20	2,6-22	4-32	2-19	6-23	180-240	85-230
	<i>деревна</i>	1,9-24	2,1-18	3,1-33	1,5-14	2,2-26	130-310	70-280
Зона транспортної інфраструктури	<i>трав'яна</i>	1,5-34	3,5-37	8,5-40	2,7-25	15-41	140-300	180-2380
	<i>деревна</i>	1,2-32	4,8-25	7,4-38	1,9-31	8-38	290-540	140-2190
Зона інженерної інфраструктури	<i>трав'яна</i>	2,5-28	3,6-52	8,8-42	3,9-29	11-36	300-500	960-1890
	<i>деревна</i>	1,9-23	9,8-43	8,9-35	2,8-22	6-24	200-430	760-2370
Зона виробничих та комунально-складських об'єктів	<i>трав'яна</i>	6-32	5,5-34	11-52	7,1-23	12-42	220-400	1120-2960
	<i>деревна</i>	4,8-30	4,1-37	8-39	5,4-26	6-32	190-680	960-2350
Зона спеціального призначення	<i>трав'яна</i>	3,1-22	2,8-27	7-29	4,1-22	7,6-28	210-320	750-1760
	<i>деревна</i>	2,9-23	2,1-23	6-25	3,6-20	5,6-23	150-280	460-1520
ГДК (Sauerbeck D, 1982)		-	-	15-20	20-30	5	-	150-300
Фитотоксическая концентрация (Кабата Пендиас, Пендиас, 1989)		-	-	10-20	10-100	60	500	400

За величиною КБН цинк в рослинах відноситься до елементів сильного накопичення, а інші елементи до слабого або середнього захоплення. Ряд потенційної доступності поллютантів для рослин в цілому виглядає наступним чином: $Zn > Mn > Cu > Pb > Ni > Cr > V$.

У надлишкових кількостях нікель накопичують переважно в кореневій системі досліджуваних видів рослин. Спостерігається перевищення його критичної концентрації (5,0 мг/кг) для зон інженерної та транспортної інфраструктури (29-31 мг/кг).

Перевищення ГДК кобальту (10-20 мг/кг) в рослинності м. Бровари не було зафіксовано, при цьому в зоні інженерної інфраструктури та на окремих ділянках зони інженерної інфраструктури є точкові перевищення його критичної концентрації (5,0 мг/кг).

ГДК марганцю в межах міста не встановлено, однак перевищення критичної (300,0 мг/кг) та фітотоксичної концентрацій (500,0 мг/кг) спостерігалось в зонах транспортної та інженерної інфраструктури і виробничих та комунально-складських об'єктів.

Практично у всіх досліджуваних зонах міста коефіцієнт концентрації K_k більше 1,0, що свідчить про накопичення елементів міською рослинністю порівняно з фоновими територіями. Для більшості функціональних зон міста за винятком житлової зони забруднення свинцем рослинності проявляється в значно меншій мірі, ніж ґрунтів. Аналогічне поширення характерно для цинку та міді.

Незважаючи на те, що мідь в ландшафтно-рекреаційній зоні, а цинк в спеціальній зоні та зоні виробничих та комунально-складських об'єктів є одними з пріоритетних забруднювачів ґрунту, в рослинності їх вміст не надто високий. Однак, при незначному забрудненні ґрунтів житлової та ландшафтно-рекреаційних

зон міста нікелем, спостерігається його інтенсивне накопичення трав'янистою рослинністю.

У деревних видах рослин ні в одній функціональній зоні м. Бровари відзначається перевищення рекомендованого рівня фітотоксичності цинку (400,0 мг/кг) та Mn (500,0 мг/кг) за винятком ландшафтно-рекреаційної та житлової зони. Аналіз одержаних результатів показав, що міські деревні рослини сприятливі до накопичення VM . Особливо це характерно для рослин зони транспортної інфраструктури, зони інженерної інфраструктури та зони виробничих та комунально-складських об'єктів, де K_k для всіх металів $>1,0$. В зонах інженерної та транспортної інфраструктури активно накопичують свинець клен гостролистий (*Acer platanoides*) та тополя канадська (*Populus deltoides*), які ростуть на урбаноземах. Деревні рослини ландшафтно-рекреаційної зони, розташованої поблизу автотранспортних магістралей, забруднені також свинцем, для них також характерний високий вміст марганцю (липа дрібнолиста, *Tilia cordata*; вільха сіра, *Alnus incana*).

Ряди накопичення VM для рослин різних функціональних зон міста неоднозначні, проте як на фоновій території, так і в умовах міського середовища найбільш доступними для всіх рослин є цинк і марганець. При цьому для рослинності ряди потенційної доступності мають наступний вигляд:

Для трав'яних рослин:

Громадська зона: $Zn > Mn > Cu > Pb > Ni > Cr > V$;

Житлова зона: $Zn > Mn > Pb > Cu > Cr > Ni > V$;

Ландшафтно-рекреаційна зона: $Mn > Zn > Cu > Pb > Cr > V > Ni$;

Зона транспортної інфраструктури: $Zn > Mn > Cu > Pb > Cr > V > Ni$;

Зона інженерної інфраструктури: $Zn > Mn > Cr > Cu > Pb > Ni > V$;

Зона виробничих та комунально-складських об'єктів: Zn>Mn>Cu>Pb>Cr>V>Ni;

Зона спеціального призначення:

Zn>Mn>Cu>Pb>Cr>V=Ni.

Для деревних рослин:

Громадська зона:

Zn>Mn>Cu>Pb>Ni>Cr>V;

Житлова зона: Zn>Mn>Cu>Pb>Cr>V>Ni;

Ландшафтно-рекреаційна зона:

Mn>Zn>Cu>Pb>V>Cr>Ni;

Зона транспортної інфраструктури:

Zn>Mn>Pb>Cu>V>Ni>Cr;

Зона інженерної інфраструктури:

Zn>Mn>Cr>Cu>Pb>V>Ni;

Зона виробничих та комунально-складських об'єктів: Zn>Mn>Cu>Cr>Pb>V>Ni;

Зона спеціального призначення:

Zn>Mn>Cu>Pb=V=Cr>Ni.

Слід зазначити, що для досліджуваних деревних видів рослин (клен, сосна і тополя) в умовах урбанізованого середовища проглядається подібна тенденція в накопиченні свинцю та міді їх органами. Найчастіше мінімальне значення поглинання свинцем незалежно від місця їх зростання характерно для гілок листяних порід та хвої, щодо міді – для кори дерев.

Відносно накопичення цинку органами деревних рослин спостерігається неоднозначна ситуація: мінімальне значення показника накопичення характерно для гілок у тополі і вільхи і коренів у берези та сосни. Різниця в накопичуваній кількості ВМ спостерігається лише для кори та листя, оскільки вони володіють високою сорбційною здатністю.

Вміст ванадію, нікелю та марганцю в листі деревних рослин ландшафтно-рекреаційної зони міста значно менше в порівнянні з житловою зоною та зоною виробничих та комунально-складських об'єктів. Подібна тенденція характерна для всіх ВМ, що містяться в зразках кори деревних рослин ландшафтно-рекреаційної зони, що може свідчити про домінантність аеротехногенного забруднення зони виробничих та комунально-складських об'єктів та житлової зони міста цими техногенними забруднювачами.

Неоднорідний розподіл окремих ВМ по органам основних деревних порід. Вище зазначено що, коріння тополі активно акумулюють мідь та свинець, а листя – цинк. Кора берези і верби активно накопичує цинк, в той час як гілки і коріння – свинець і мідь. У коренях сосни звичайної накопичується свинець, а в корі – цинк. У вільхи навпаки, в коренях накопичується цинк, а в корі – свинець. У коренях сосни, як і в гілках вільхи та берези концентрується мідь. Накопичення ВМ у фотосинтезуючих органах

деревних і трав'янистих рослин, як в природних умовах, так і в умовах урбаногенезу має подібний характер. Листя трав'янистих видів рослин активно накопичують марганець і цинк, слабо – нікель та свинець.

Найбільшими акумуляторами є щитник чоловічий (*Dryopteris filix-mas* Schott) та берізка польова (*Convolvulus arvensis*). Найбільш інтенсивно поглинаються любкою дволистою – цинк та марганець, найменше – мідь, свинець та хром. Коефіцієнт біогеохімічної активності виду, що характеризує інтенсивність поглинання елементів рослинами, в середньому, становить 2,99. Деревна рослинність найбільш активно з ґрунту поглинає мідь, марганець, найменш інтенсивно – хром, ванадій та нікель. Найбільший коефіцієнт біогеохімічної активності із досліджених видів мають клен гостролистий (*Acer platanoides*) – 7,26, береза повисла (*Betula pendula* Roth.) – 7,07 та тополя канадська (*Populus deltoides*) – 7,05, найменший – сосна звичайна (*Pinus sylvestris*) – 1,32 та вільха сіра (*Alnus incana*) – 3,37. Концентраційні залежності вмісту важких металів у системі ґрунт-рослина території м. Бровари представлено в таблиці 8.

Коефіцієнти біологічного поглинання марганцю та міді високі, так як ці метали мають здатність утворювати міцні комплекси з органічною речовиною. Слабко і дуже слабо більшість досліджуваних видів рослин захоплюють ванадій та хром, які в ґрунтах перебувають відносно в малорухомих формах [1,7].

Нами також було досліджено вплив одного з найбільш поширюваних поллютантів – свинцю на інші елементи-забруднювачі. В умовах його надмірного вмісту в зонах транспортної інфраструктури і виробничих та комунально-складських об'єктів спостерігаються зниження накопичення марганцю. Це зумовлено тим, що свинець пригнічує транспорт та поглинання марганцю в рослини, тим самим порушуючи фізичні процеси зв'язування іонів [1,7,12]. Для житлової та ландшафтно-рекреаційної зони в умовах помірного вмісту свинцю виявлено позитивну кореляцію з вмістом міді та нікелю, марганцю – лише в ландшафтно-рекреаційній зоні.

Таким чином, акумуляція важких металів у рослинах відображає специфіку антропогенного впливу та є подібною щодо тенденцій накопичення забруднювачів в ґрунтах.

В рослинах в зонах виробничих та комунально-складських об'єктів, транспортної та інженерної інфраструктури основними поллютантами є цинк, свинець, мідь в житловій зоні, як в трав'яних, так і в деревних рослинах висока акумуляція ще нікелю. В ландшафтно-рекреа-

ційній зоні пріоритетними забруднювачами є нікель, марганець та свинець. Аналіз вмісту ВМ в системі «грунт-рослина» у функціональних зонах міста показав, що на накопичення цих металів в рослинах впливає їх вміст в ґрунті. Так зниження накопичення ВМ рослинами починається при валовому вмісту в ґрунті: Ni – 21-25 мг/кг, Mn – 470-540 мг/кг, Zn – 180-250 мг/кг, Cu – 39-45 мг/кг, Pb – понад 80 мг/кг.

Висновки та перспективи використання результатів дослідження. Для м. Бровари встановлено наявність поліелементних забруднень ґрунтово-рослинного покриву. За показниками валового вмісту ВМ основними поллютантами є Cu, Zn, Pb та Mn. Концентрації валових та рухомих форм ВМ перевищують фонові значення та значення ГДК в 17-28 разів. Максимум техногенного навантаження зафіксовано в урбаноземах зони транспортної інфраструктури та зони виробничих та комунально-складських об'єктів.

Закономірності формування елементного складу рослин міських територій зазнають

значних змін в порівнянні з природними умовами, що зумовлено посиленням ролі фоліарного поглинання поллютантів з повітря та високим їх вмістом в ґрунтах. Найбільшою здатністю до біоаккумуляції володіє щитник чоловічий (*Dryopteris filix-mas* Schott) та берізка польова (*Convolvulus arvensis*). Найбільший коефіцієнт біогеохімічної активності із досліджених видів мають клен гостролистий (*Acer platanoides*) – 7,26, береза повисла (*Betula pendula* Roth.) – 7,07 та тополя канадська (*Populus deltoides*) – 7,05, найменший – сосна звичайна (*Pinus sylvestris*) – 1,32 та вільха сіра (*Alnus incana*) – 3,37. Слабко і дуже слабо більшість досліджуваних видів рослин захоплюють ванадій та хром, які в ґрунтах перебувають відносно в малорухомих формах.

Потребує подальшого дослідження аналіз фізико-хімічних показників ґрунтів, коефіцієнтів переходу металів у рослини відносно їх вмісту в органічній та рухомій формі з метою встановлення взаємозв'язків, які характеризують процес транслокації хімічних елементів.

Література:

1. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. Л.: Агропромиздат, 1987. 142 с
2. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. Москва: АН СССР, 1957. 238 с.
3. Водяницкий Ю.Н., Ладонин Д.В., Савичев А.Т. Загрязнение почв тяжелыми металлами. М., 2012. 304 с.
4. Дмитриев М.Т., Казнина Н.И., Пинигина И.О. Санитарно-химический анализ загрязняющих веществ в окружающей среде: справочное издание. М.: Химия, 1989. 368 с.
5. Добровольский В.В. Ландшафтно-геохимические критерии оценки загрязнения почвенного покрова тяжелыми металлами. Почвоведение, 1999. № 5. С. 639-645
6. Жовинский Э. Я., Кураева И.В. Геохимия техногенных металлов в почвах Украины. К. Наук. Думка, 2002. 215 с.
7. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение. Новосибирск: Наука. Сибирское отделение, 1991. 151 с
8. Кабата-Пендиас А. Микроэлементы в почвах и растениях. Москва: Мир, 1989. 439 с.
9. Малишева Л. Л. Геохимия ландшафтов. К.: Либідь. 2000. 472 с.
10. Маринич А.М., Пашенко В.М., Шищенко П.Г. Природа УССР: Ландшафты и физико-географическое районирование. Киев, 1985. 222 с.
11. Сплодитель А.О. Эколого-геохимические исследования почв средних городов в зоне влияния промышленных предприятий. Природопользование, №1, 2020. С.98-107.
12. Сплодитель А.О., Кураева И.В., Злобіна К.С. Особенности аккумуляции тяжелых металлов в ґрунтах урбанізованих ландшафтів м. Бровари. Геологічний журнал. №2, 2020. С. 39-51.
13. Удосконалена схема фізико-географічного районування України. / О.М. Маринич, Г.О. Пархоменко, О.М. Петренко, П.Г. Шищенко. Український географічний журнал. 2003. № 1. С. 16-20
14. Фоновий вміст мікроелементів у ґрунтах України. За ред. А.І. Фатеева, Я.В. Пашенко. Харків: Друкарня №13, 2003. 117 с.
15. Alloway B.J. Heavy metals in soils. 2-nd edit., *Blackie Acad.*, London, 1995. 368 p.
16. Bakker D.J., de Vries W. Effect-based approaches to assess the risks of persistent organic pollutants to soils. *Background document for the workshop on critical limits and effect-based approaches for heavy metals and POP's*. Bad Harzburg, Germany, 1997. 85 pp.
17. Splodytel A.O. Regularities of distribution of heavy metals in soil of urban landscapes (on the example of Brovary city). *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, №4, 2019, с. 148-167.

References:

1. Alloway B.J. Heavy metals in soils. 2-nd edit., *Blackie Acad.*, London, 1995. 368 p.
2. Alekseev Yu.V. Tyazhelye metalli v pochvah i rasteniyah. L.: Agropromizdat, 1987. 142 s
3. Bakker D.J., de Vries W. Effect-based approaches to assess the risks of persistent organic pollutants to soils. *Background document for the workshop on critical limits and effect-based approaches for heavy metals and POP's*. Bad Harzburg, Germany, 1997. 85 pp.
4. Dmitriev M.T., Kaznina N.I., Pinigina I.O. Sanitarno-himicheskiy analiz zagryaznyayuschih veschestv v okruzhayuschey srede: spravochnoe izdanie. M.: Himiya, 1989. 368
5. Dobrovolskiy V.V. Landshaftno-geohimicheskie kriterii otsenki zagryazneniya pochvennogo pokrova tyazhelyimi metallami. *Pochvovedenie*, 1999. №5. S. 639-645
6. Fonovyj vmist mikroelementiv u gruntax Ukrayiny. Za red. A.I. Fatyeyeva, Ya.V. Pashhenko. — Kharkiv: Drukarnya №13, 2003. 117 s.

7. Illin V.B. Tyazheliye metallyi v sisteme pochva-rastenie. Novosibirsk: Nauka. Sibirskoe otdelenie, 1991. 151 s
8. Kabata-Pendias A. Mikroelementy v pochvah i rasteniyah. Moskva: Mir, 1989. 439 s.
9. Malysheva L. L. Geokhimiya landshaftiv. K.: Lybid. 2000. 472 s.
10. Marynych A.M., Pashhenko V.M., Shyshhenko P.G. Pryroda USSR: Landshafty fizyko-geografycheskoe rajonyrovanye. Kyiv, 1985. 222 s.
11. Samonova O.A., Kasimov N.S., Kosheleva N.E. Mobile forms of Heavy Metals in sodpodzolic soils of Southern taiga landscapes. *Proc. of 16th World Soil Congress (on CD-ROM)*, Montpellier, France. Simp.VI, 1988. 6 pp.
12. Sploditel A.O. Ekologo-geohimicheskie issledovaniya pochv srednih gorodov v zone vliyaniya promyshlennih predpriyatij. *Prirodopolzovanie*, №1, 2020.
13. Splodytel A.O., Kurayeva I.V., Zlobina K.S. Osobly'vosti akumuliyaciyi vazhkyx metaliv u gruntax urbanizovanyx landshaftiv m. Brovary. *Geologichnyj zhurnal*. №2, 2020. S. 39-51.
14. Udoskonalena sxema fizyko-geografichnogo rajonuvannya Ukrayiny / O.M. Marynych, G.O. Parxomenko, O.M. Petrenko, P.G. Shyshhenko. *Ukrayinskyj geografichnyj zhurnal*. 2003. № 1. S. 16-20
15. Splodytel A.O. Regularities of distribution of heavy metals in soil of urban landscapes (on the example of Brovary city). *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, №4, 2019, c. 148-167.
16. Vinogradov A.P. Geokhimiya redkih i rasseyanyih himicheskikh elementov v pochvah. Moskva: AN SSSR, 1957. 238 s.
17. Vodyanitskiy Yu.N., Ladonin D.V., Savichev A.T. Zagryaznenie pochv tyazhelyimi metallami. M., 2012. 304 s.
18. Zhovinskiy E. Ya., Kuraeva I.V. Geokhimiya tehnogennyih metallov v pochvah Ukraini. K. Nauk. Dumka, 2002. 215 s.

Аннотация:**А.О. Сплодитель. ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЧВЕННО-РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ГОРОДСКИХ ЛАНДШАФТОВ (НА ПРИМЕРЕ Г. БРОВАРЫ)**

Приведены результаты исследования содержания тяжелых металлов в урбанизированных ландшафтах Украины (на примере города Бровары Киевской области). С помощью ландшафтно-геохимических исследований, аналитических и статистических методов получено и проанализировано данные по содержанию валовых и подвижных форм химических элементов (Ni, Co, Zn, V, Pb, Cr, Cu). Установлена зависимость устойчивости растительности города от уровня загрязнения почвенного покрова и степени поступления тяжелых металлов. Проанализированы геохимические характеристики: значения коэффициентов накопления и концентрации почвенно-растительного покрова, показатель биогеохимической активности вида в пределах города Бровары.

Уровень загрязнения почв большей части города выше среднего. Доминирующая ассоциация тяжелых металлов: Cu > Pb > Zn > Co > Cr > V > Mo > Mn > Ni распределяется по территории города мозаично, формируя геохимические аномалии в зависимости от источника загрязнения. Максимум техногенной нагрузки зафиксирован в урбаноземах зон транспортной инфраструктуры и производственных и коммунально-складских объектов. Древесная растительность наиболее активно поглощает медь, марганец, наименее интенсивно - хром, ванадий и никель. Наибольший коэффициент биогеохимической активности из исследованных видов имеют клен остролистый (*Acer platanoides*) - 7,26, береза повислая (*Betula pendula* Roth.) - 7,07 и тополь канадский (*Populus deltoides*) - 7,05, наименьший - сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*) - 1,32 и ольха серая (*Alnus incana*) - 3,37. Самые высокие коэффициенты биологического поглощения имеют марганец и медь, так как они обладают способностью образовывать прочные комплексы с органическим веществом. Большинство исследуемых видов растений захватывают ванадий и хром, которые в почвах находятся относительно в малоподвижных формах, очень слабо.

Ключевые слова: ландшафтно-геохимические условия, тяжелые металлы, почвы, растительность.

Abstract:**A.O. Splodytel. ECOLOGICAL AND GEOCHEMICAL SPECIFICS OF SOIL AND PLANT COVERING OF URBAN LANDSCAPES (IN THE TOWN OF BROVARY AS AN EXAMPLE)**

The results of the pollutants content research in urbanized landscapes soils of Ukraine (on the example of Brovary city, Kyiv region) were shown. The total and mobile contents data of chemical elements (Ni, Co, Zn, V, Pb, Cr, Cu) were obtained and analyzed using the methods of landscape-geochemical studies, analytical and statistical methods. The dependences of the vegetation resistance in cities to the level of soil cover contamination and the degree of heavy metals income have been established. The geochemical characteristics (such as the value of the accumulation coefficients; concentration of soil and vegetation cover; index of biogeochemical activity of the species within Brovary city) were analyzed.

Throughout most of the city territory, the level of soil contamination is above average. Soils are characterized by the following association of heavy metals: Cu > Pb > Zn > Co > Cr > V > Mo > Mn > Ni. The dominant association is distributed heterogeneous throughout the city, forming geochemical anomalies depending on the source of contamination. The maximum technogenic load was recorded in urban soils areas within zones of transport infrastructure, production and communal-warehouse facilities. Woody vegetation is the most actively absorbed copper, manganese from the soil, and the least intensively absorbed chromium, vanadium and nickel. The biogeochemical activity coefficient of the research species is the following: *Acer platanoides* - 7,26, *Betula pendula* Roth. - 7,07, and *Populus deltoides* - 7,05, *Pinus sylvestris* - 1.32 and *Alnus incana* - 3.37. The biological absorption coefficients of manganese and copper are high because these metals have the ability to form strong complexes with organic matter. Biological absorption coefficients of vanadium and chromium is low for the researched plant species because these chemical elements are immobile in soils.

For the city of Brovary, the presence of polyelemental contamination of soil and vegetation has been established.

According to the indicators of the gross content of VM, the main pollutants are Cu, Zn, Pb and Mn. Concentrations of gross and mobile forms of VM exceed background values and maximum concentration limits in 17-28 times. The maximum of man-caused load was recorded in the urban soils of the transport infrastructure zone and the zone of production and communal-warehouse facilities.

Regularities of formation of elemental composition of plants of urban areas undergo significant changes in comparison with natural conditions, which is due to the strengthening of the role of foliar absorption of pollutants from the air and their high content in soils. The greatest ability to bioaccumulate has a male thyroid (*Dryopteris filix-mas* Schott) and birch (*Convolvulus arvensis*). The highest coefficient of biogeochemical activity of the studied species is *Acer platanoides* - 7.26, hanging birch (*Betula pendula* Roth.) - 7.07 and Canadian poplar (*Populus deltoides*) - 7.05, the lowest - Scots pine (*Pinus sylvestris*) - 1.32 and gray alder (*Alnus incana*) - 3.37. Weakly and very weakly, most of the studied plant species capture vanadium and chromium, which are relatively sedentary in the soil.

Further research is needed to analyze the physicochemical parameters of soils, the coefficients of transition of metals to plants relative to their content in organic and mobile form in order to establish the relationships that characterize the process of translocation of chemical elements.

Keywords: landscape-geochemical conditions, heavy metals, soils, vegetation.

Надійшла 05.10.2021р.