

ВПЛИВ АНТРОПОГЕННОЇ ДІЯЛЬНОСТІ НА ВМІСТ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ГРУНТАХ МІСТА БРОДИ

Визначено та проаналізовано зміни фізичних, фізико-хімічних властивостей ґрунтів в межах міста Броди. Досліджено вміст важких металів у ґрунтах та оцінена ступінь забрудненості дерново-карбонатних ґрунтів. Важкі метали в ґрунтах визначено атомно-абсорбційним методом в кислотних ґрунтових витяжках. Встановлено, що середній вміст рухомих форм важких металів у дерново-карбонатних ґрунтах знаходиться на фоновому рівні, нижче гранично допустимої концентрації. Для оцінки забрудненості ґрунтів важкими металами використані коефіцієнт контамінації та інтегральний показник забруднення.

Ключові слова: дерново-карбонатний ґрунт, фізико-хімічні властивості ґрунтів, важкі метали, інтегральний показник забруднення.

Постановка проблеми у загальному вигляді. В індустріально розвинених містах інтенсивно відбувається антропогенне навантаження на навколишнє середовище, особливо це стосується ґрунтів, що здатні акумулювати важкі метали. З роками накопичення цих речовин зростає і сприяє їх глибокому і вже безповоротному забрудненню. Забруднені ґрунти не підлягають використанню, оскільки являють небезпеку для рослин, тварин і людей, та в цілому біогеоценозу. При максимальному проявленні процесу хімічного забруднення ґрунти втрачають здатність до продуктивності, біологічного самоочищення, відбувається втрата екологічних функцій та загибель екосистеми. Крім цього змінюється склад, структура та чисельність мікрофлори та мезофауни [1]. Тому дослідження рівня забруднення ґрунтів у центральній та периферійній частинах міст є необхідним і вимагає систематичності. Це дозволяє не лише виявити та попередити забруднення, а також усунути причини екологічних, фізичних та фізико-хімічних змін стану ґрунтів.

Формулювання цілей статті. З цією метою приводяться результати дослідження ступеня забруднення дерново-карбонатних ґрунтів важкими металами на території м. Броди Львівської області.

Об'єкт дослідження – дерново-карбонатні ґрунти в зоні антропогенної діяльності м. Броди Львівської області.

Задачі дослідження – визначення вмісту рухомих форм важких металів у ґрунтах та оцінка їх забруднення на території м. Броди Львівської області.

Виклад основного матеріалу. Серед основних типів ґрунтів на території м. Броди переважають дерново-підзолисті ґрунти в комплексі з дерново-карбонатними та чорноземами [4]. З огляду на аналіз топографічних карт різних масштабів, матеріалів ґрунтових обстежень кафедрою ґрунтознавства і географії ґрунтів Львівського національного університе-

ту імені Івана Франка у 2010 році закладено 4 ділянки на території м. Броди. Ділянки підбирали з врахуванням розміщень підприємств, автомагістральних трас як джерел забруднення та території парку як фонові ділянки. Зразки дерново-карбонатних ґрунтів відбирали на території "Бродівського механічного заводу" (розрізи № 5, 6), біля фірми "АгроБроди" (розрізи № 11, 12), вздовж дороги Київ-Чоп (розрізи № 13, 14), у парку (розрізи № 9, 10). Проби ґрунтів відбирали через кожні 10 см до глибини 20 та 50 см і середню пробу використовували в аналізі. Аналітичні дослідження фізичних, фізико-хімічних властивостей ґрунтів, вмісту важких металів проводили в стандартизованій лабораторії "Фізико-хімічних аналізів ґрунтів" географічного факультету та лабораторії хімічного факультету Львівського національного університету імені Івана Франка.

Експериментально встановлено, що на досліджуваній території дерново-карбонатні ґрунти переважно супіщані, де вміст фракції фізичної глини сягає 12-16%. Легкосуглинкові та середньосуглинкові дерново-карбонатні ґрунти поширені на території фірми "АгроБроди" (розрізи № 11, 12) та вздовж дороги Київ-Чоп (розрізи № 13, 14). Щільність твердої фази дерново-карбонатних ґрунтів є вищою в ґрунтах з середньосуглинковим гранулометричним складом, де переважає вміст мулистої фракції. Такі ґрунти поширені в межах Бродівського механічного заводу (розрізи № 5, 6). Щільність будови ґрунтів в межах м. Броди змінюються так: вздовж дороги "Київ-Чоп" щільність будови ґрунтів становить $0,9 \text{ г/см}^3$, на території Бродівського механічного заводу – $1,3 \text{ г/см}^3$, на території фірми "АгроБроди" – $1,7 \text{ г/см}^3$. Цей показник значною мірою прямопропорційно залежить від антропогенного навантаження, інтенсивність якого наростає в межах Бродівського механічного заводу та фірми "АгроБроди" і зумовлений ущільненням ґрунтів

важкими транспортними машинами і сільсько-господарською технікою.

Дерново-карбонатні ґрунти характеризуються слабколужною реакцією за рахунок вмісту карбонатів, концентрація яких змінюється від 1,2% до 8,0% (табл. 1). На території фірми "АгроБроди" ґрунти характеризуються найвищим вмістом CO₂ карбонатів (7,8-8,0%), що зумовлює й високу забезпеченість обмінним кальцієм (40-45 ммоль-екв/100 г ґрунту). Порівнюючи результати проведених досліджень з даними ґрунтових обстежень 1997-2000 рр. у дерново-карбонатних ґрунтах зростає CO₂ карбонатів у 2-5 рази, за винятком ґрунтів парку (табл. 1).

Гумус в дерново-карбонатних ґрунтах змінюється від 1,35% до 6,70%. На непорушених землях вміст гумусу є найвищим і сягає 6,70% вздовж дороги Київ-Чоп. В зоні інтенсивного сільськогосподарського використання земель фірмою "АгроБроди" спостерігається зменшення гумусу в 5,5 рази, а поблизу Бродівського механічного заводу – в 2 рази (табл. 1).

Отож, фізичні та фізико-хімічні властивості дерново-карбонатних ґрунтів на території м. Броди зазнали помітних змін. Втрата корисних властивостей ґрунтів у першу чергу зумовлена людським фактором. З метою виявлення забрудненості ґрунтів важкими металами в результаті діяльності промислових і сільськогосподарських об'єктів проведено їх визначення поблизу Бродівського механічного заводу, фірми "АгроБроди", у парку та вздовж дороги Київ-Чоп.

У природі нараховується 78 важких металів, а їх загальна маса не перевищує 1,2% загальної маси літосфери (А.А. Беккер та ін.,

1989). В якості критеріїв приналежності металів до цієї групи забруднювальних речовин використовують численні характеристики: атомну масу, густину, токсичність, поширеність у природному середовищі, ступінь залучення в природні та техногенні цикли. До важких металів відносять більше 40 металів періодичної системи з атомною масою понад 50 атомних одиниць: V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Mo, Cd, Sn, Hg, Pb, Bi та ін. За класифікацією Н. Реймерса, важкими слід вважати метали з густиною більше 8 г/см³ [1].

Забруднення ґрунтів важкими металами має різну природу. Природне забруднення ґрунтів пояснюють надходженням важких металів та їх різних форм з материнських порід та глибинних рудних родовищ корисних копалин [5]. Основними природними джерелами важких металів є гірські породи. Хімічний склад порід, мінералів визначають хімічні властивості ґрунтів. У результаті складних біохімічних і геохімічних процесів, що відбуваються у ґрунті, спостерігається перерозподіл окремих елементів між генетичними горизонтами, проте властивості, успадковані ґрунтом від породи, зберігаються. Джерелом антропогенного надходження важких металів в ґрунтах є згорання етилового бензину, спалювання вугілля, нафти, горючих сланців, використання інсектицидів, добрив тощо. Більшість дослідників схиляються до думки, що основним джерелом забруднення важкими металами є автотранспорт. Антропогенна діяльність зумовила надходження плюмбуму і кадмію в ґрунтах. Найбільш розповсюджене автомобільне паливо – бензин, що містить дуже отруйну сполуку тетраетилплюмбуму, до складу якого входить метал – плюмбум, що потрапляє в ґрунт.

Таблиця 1

Фізико-хімічні властивості дерново-карбонатних ґрунтів в межах м. Броди

№	Ключова ділянка	Глибина відбору зразків, см	pH _{водне}	Вміст гумусу, %	Обмінні		CO ₂ , %	K ₂ O, мг/100 г ґрунту	Na ₂ O, мг/100 г ґрунту	P ₂ O ₅ , мг/100 г ґрунту	Валовий N, %	ЄКО, ммоль-екв/100 г ґрунту
					Ca ⁺²	Mg ⁺²						
					ммоль-екв/100г ґрунту							
5	Механічний завод	0-50	7,67	3,40	15	20	3,69	64	20	6,3	1,54	10
6		0-50	7,69	2,72	10	15	3,69	52	20	5,1	1,50	11
9	Парк	0-50	7,65	1,68	15	15	0,82	16	24	0,7	0,42	10
10		0-50	7,77	1,45	15	20	1,23	16	28	0,4	0,33	2
11	Агрофірма	0-20	7,99	1,95	10	20	4,10	36	44	0,03	1,40	34
12		20-50	8,12	1,35	15	20	6,56	37	40	1,3	0,98	43
13	Автотраса	0-50	7,77	6,70	45	0	7,79	68	20	1,5	4,90	37
14		0-50	7,74	5,60	40	0	8,20	60	20	1,0	0	33
15*	Автотраса	0-50	7,50	2,6	**	**	1,6	**	**	**	0,12	**

* - результати ґрунтового обстеження 1997-2000 рр. дерново-карбонатного слабощебенюватого супіщаного ґрунту.

** - дані відсутні.

Сполуки важких металів, що надходять в

ґрунт, акумулюються в підстильці та гумусово-

му горизонті. Розподіл їх по поверхні залежить від характеру й особливостей джерела забруднення, метеорологічних особливостей регіону, зокрема – від напряму вітрів, геохімічних факторів і ландшафтної обстановки в цілому. Ареал максимального забруднення рідко перевищує 10-15 км у радіусі від джерела, але невеликі концентрації при попаданні у високі шари атмосфери можуть переноситися на значні відстані.[6]

Стійкість ґрунтів до забруднення важкими металами залежить від їх буферної здатності. Ґрунти з високою адсорбційною здатністю і високим вмістом глини, а також органічної речовини можуть утримувати багатовалентні елементи, особливо у верхніх горизонтах. Це особливо властиво карбонатним ґрунтам і ґрунтам з нейтральною реакцією.

Важкі метали негативно впливають на біологічну активність ґрунту. При цьому інгібується активність ферментів, особливо дегідрогеназа й уреаза, зменшується інтенсивності виділення вуглекислого газу і чисельність мікроорганізмів. Внаслідок зниження різноманітності і чисельності ґрунтових організмів зменшуються швидкість деструкції органічної речовини і колообігу біогенних елементів [2]. Важкі метали за ступенем екологічної безпеки для ґрунтів, рослин, тварин і людини поділяються на 3 класи. До першого належать високонебезпечні елементи (As, Cd, Hg, Se, Pb, Zn, F); до другого середньонебезпечні (B, Co, Ni, Mo, Sb Cz); до третього малонебезпечні (Ba, V, Mn, Sr). Токсичність елементів перш за все залежить від їхньої концентрації в ґрунті.

Якщо реакція ґрунту нейтральна, концентрація важких металів не перевищує допустимий вміст, то метали не впливають негативно на рослини, організми тварин і людей. У тих випадках, коли концентрація важких металів, за винятком молібдену і селену, у ґрунті перевищує допустимі межі, їх токсичність блокують шляхом зміни рН ґрунту до нейтральної або слабколужної [7].

Найдоступнішими для рослин мікроелементів є дві форми – водорозчинна та обмінна. У ґрунті ці елементи також входять до складу нерозчинних у воді мінеральних сполук та кристалічних ґраток мінералів. Органічні сполуки металів зберігають розчинність елементів за різного значення рН. Стійкість сполук залежить від властивостей металу. Згідно ряду Меллера-Мелі елементи за стійкістю їх хелатів розміщуються в наступному порядку: Cu, Co, Zn, Fe, Mn, Mg [8].

У досліджуваних дерново-карбонатних ґрунтах м. Броди визначали такі метали: Cu, Zn, Co, Ni, Pb. Визначення рухомих форм елементів проводили атомно-абсорбційним методом в кислотних ґрунтових витяжках згідно ДСТУ ISO 11047:2005 Якість ґрунту. Визначення кадмію, хрому, кобальту, купруму, плюмбуму, мангану, нікелю та цинку в екстракті, отриманому після оброблення ґрунту "царською водкою". Атомно-абсорбційний метод полягає в тому, що за допомогою 1М HNO₃ готують витяжку з ґрунту, в якому за допомогою атомного спектрофотометра й визначають вміст того чи іншого елемента. Результати досліджень представлені у табл. 2.

Таблиця 2

Вміст рухомих форм мікроелементів, коефіцієнт забруднення за елементом у дерново-карбонатних ґрунтах м. Броди та інтегральний показник забруднення ґрунтів

№	Ключова ділянка	Глибина відбору зразків, см	Рухомі, мг/кг ґрунту					Інтегральний показник забруднення
			Cu ²⁺	Zn ²⁺	Co ²⁺	Pb ²⁺	Ni ²⁺	
5	Механічний завод	0-50	<u>5.0</u> 1,7	<u>12.3</u> 0,5	<u>1.1</u> 0,2	<u>1.8</u> 0,3	<u>4.0</u> 0,1	2,6
6		0-50	<u>6.4</u> 2,1	<u>15.6</u> 0,7	<u>1.2</u> 0,2	<u>1.6</u> 0,3	<u>4.1</u> 0,1	3,1
9	Парк	0-50	<u>2.0</u> 0,6	<u>3.6</u> 0,2	<u>0.9</u> 0,2	<u>1.1</u> 0,2	<u>2.0</u> 0,1	1,0
10		0-50	<u>1.9</u> 0,6	<u>3.0</u> 0,1	<u>0.9</u> 0,2	<u>1.2</u> 0,2	<u>1.9</u> 0,1	1,0
11	Агрофірма	0-20	<u>3.0</u> 1,0	<u>9.7</u> 0,4	<u>0.8</u> 0,2	<u>0.9</u> 0,2	<u>2.7</u> 0,1	1,8
12		20-50	<u>3.2</u> 1,1	<u>10.3</u> 0,4	<u>0.5</u> 0,1	<u>0.9</u> 0,2	<u>2.6</u> 0,1	1,9
13	Автотраса	0-50	<u>2.5</u> 0,8	<u>15.0</u> 0,7	<u>0.8</u> 0,2	<u>5.8</u> 1,0	<u>2.5</u> 0,1	2,9
14		0-50	<u>2.5</u> 0,8	<u>15.2</u> 0,7	<u>0.8</u> 0,2	<u>5.1</u> 0,9	<u>2.6</u> 0,1	2,8

Для визначення природного фонового вмісту хімічних елементів у ґрунтах вибрані

відносно чисті території. Такими реперами слугували ґрунти парку (розрізи № 8, 9). Вміст рухомих форм металів у дерново-карбонатних ґрунтах парку становить: Cu^{2+} – 2 мг/кг, Zn^{2+} – 3,6 мг/кг, Co^{2+} – 0,9 мг/кг, Ni^{2+} – 2,0 мг/кг, Pb^{2+} – 1,1 мг/кг. Їхній вміст нижчий за гранично допустиму концентрацію (ГДК), і ці дані можна використовувати для визначення інтегрального показника поелементного забруднення ґрунту. Для інших зразків ґрунту (розрізи № 5, 6, 11-14) концентрація більшості важких металів, окрім купруму, знаходиться на фоновому рівні та не перевищує ГДК. Лужна реакція дерново-карбонатних ґрунтів уповільнює активність металів у зв'язку з малою розчинністю їх сполук за даного значення рН. Найменшу розчинність серед сполук металів за лужної реакції ґрунту виявляють сполуки кобальту, тому їх кількість в досліджених ґрунтах найнижча. Подібні властивості стосовно кобальту виявляє нікель і, як показують результати досліджень, при підвищенні рН вміст його зменшується.

Підвищений вміст металів у ґрунтах зумовлений техногенним впливом в межах м. Броди. Серед досліджуваних металів цинку виявлено найбільше, що пов'язано з його амфотерними властивостями. Цинк у лужному середовищі утворює розчинні цинкати, що приводить до збільшення концентрації. Кількість цинку в ґрунті також пов'язаний з вмістом обмінного кальцію, з яким цинк утворює малорозчинну сполуку цинкат кальцію. Згідно даних табл. 2, концентрація цинку в ґрунті пропорційно зростає зі збільшенням ступеня насичення ґрунтів кальцієм (розрізи №13, 14). На цій ділянці виявлений вміст купруму вищий ГДК, що очевидно обумовлено підвищеним вмістом гумусу (розрізи № 13, 14) та використанням добрив (розрізи № 11,12).

На основі результатів дослідження проведено визначення ступеня забрудненості ґрунтів. Для оцінки стану ґрунтів використовували наступні характеристики: коефіцієнт контамінації та інтегральний показник забруднення ґрунтів (табл. 2). Коефіцієнт концентрації забруднення ґрунтів знаходили за відношенням

вмісту елементів у ґрунті до його ГДК. Цей показник визначає ступінь забрудненості ґрунтів за елементами.

Згідно даних табл. 2, досліджувані ґрунти не забруднені важкими металами, але у випадку Pb, Cu коефіцієнт контамінації має значення вище за 1,0, що вказує на їх перевищення по відношенню до ГДК. За інтегральним показником визначали загальний ступінь забруднення дерново-карбонатних ґрунтів. Встановлено, що ця величина змінюється від 1,8 до 3,1 по відношенню до фонового вмісту елементів, і за характером забруднення дерново-карбонатні ґрунти слобкозабруднені [1, 7].

Велику роль у локалізації важких металів відіграють біологічні методи. До них відносять вирощування рослин, які слабо реагують на надлишок важких металів у ґрунті; вирощування на забруднених ґрунтах культур, які не вживають тварини та люди. Найбільш забруднені ділянки необхідно відводити під заліснення і вирощування декоративних рослин. Наприклад, польовий глід і клен знижують вміст плумбуму в овочах, які вирощують у зоні впливу автострад, на 30-50%. Останній варіант рекомендується в зоні впливу автострад, де спостерігається накопичення плумбуму, а також в околицях Бродівського механічного заводу [5].

Висновки. Отже, інтенсивне і не завжди раціональне використання земель в сільсько-господарському виробництві значно змінили хід природних процесів ґрунтоутворення, що проявляється у зміні фізико-хімічних властивостей дерново-карбонатних ґрунтів на території фірми "АгроБроди". Дослідження вмісту важких металів у ґрунтах показало, що середній вміст рухомих форм важких металів знаходиться на фоновому рівні, нижче ГДК. Проте в умовах локального забруднення, зумовлений автотранспортом, Бродівським механічним заводом, фірмою "АгроБроди", в ґрунті виникає тенденція підвищення концентрацій рухомих форм більшості елементів, зокрема Cu та Pb. За ступенем забруднення дерново-карбонатні ґрунти м. Броди в зоні антропогенної діяльності є слабо забрудненими.

Література:

1. Курбатова А.С. Городские почвы – объект исследования и нормирования / Курбатова А. С. // Партнеры и конкуренты. – 2004. – № 11. – С. 42-46.
2. Кирильчук А.А. Хімія ґрунтів: основи теорії і практикум: навч. посібник / А.А. Кирильчук, О.С. Бонішко – Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2011. – 354 с.
3. Маринич О.М. Удосконалена схема фізико-географічного районування України / О.М. Маринич, Г.О. Пархоменко, О.М. Петренко, П.Г. Шищенко // Український географічний журнал. – 2003. – №1. – С. 16-19.
4. Лоза Б. Природа Бродщини. – Б.: Просвіта, 2010. – 68 с.
5. Куртичников Н.А. Влияние антропогенных факторов на распределение тяжелых металлов в почвах ландшафтов юга

- Московской области / *Киричников Н.А., Черных Н.А., Черных И.Н.* // *Агрохимия*. – 1993. – 135 с.
6. *Назаренко І.І.* Грунтознавство: Підручник. / *Назаренко І.І., Польшина С.М. Нікорич В.А.* – Чернівці : Книги – XXI, 2004. – 400 с.
 7. *Александрова Э. А.* Тяжелые металлы в почвах и растениях и их аналитический контроль : учеб. пособие [для студ. аграр. вузов] / *Э. А. Александрова, Н. Г. Гайдюкова, Н. А. Кошеленко, З. Н. Ткаченко; под ред. Э. А. Александровой.* – Краснодар, 2001. – 166 с.
 8. *Полівцев А.В.* Пошукова інформативність динаміки окред-потенціалу ґрунтових розчинів нафтогазоперспективних площ бортів Дніпропетровсько-Донецької западини / *А. В. Полівцев, С. В. Кушнір, Л. О. Бужук* // *Збірник наукових праць УкрДГРІ*. – № 3. – 2011. – С.11.

Резюме:

О.С. Бонішко. ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕ Г. БРОДЫ.

Определено и проанализировано изменения физических, физико-химических свойств почв в пределах города Броды. Исследовано содержание тяжелых металлов в почвах и оценена степень загрязненности дерново-карбонатных почв. Тяжелые металлы в почвах определено атомно-абсорбционным методом в кислотных ґрунтовых вытяжках. Установлено, что среднее содержание подвижных форм тяжелых металлов в дерново-карбонатных почвах находится на фоновом уровне, ниже предельно допустимой концентрации. Для оценки загрязнения почв тяжелыми металлами использованы константы контаминации и интегральный показатель загрязнения.

Ключевые слова: дерново-карбонатные почвы, физико-химические свойства почв, тяжелые металлы, интегральный показатель загрязнения.

Summary:

O.S. Bonishko. INFLUENCE OF HUMAN ACTIVITIES ON HEAVY METALS IN SOILS OF BRODY.

The changes of physical, physic-chemical properties of soils have been determined within the city of Brody. The content of heavy metals (Cu, Zn, Co, Ni, Pb) in soils has been investigated and the degree of contamination of soddy-carbonaceous soils has been evaluated. Heavy metals in soils have been determined by atomic absorption in acidic groundwater extraction.

It has been found that the average contents of mobile forms of heavy metals in the sod-carbonate soils has been on the background level, below the maximum of the allowable concentration. Among explored metals zinc and copper has been found most, which is connected with its amphoteric properties. However, in terms of local pollution caused by traffic, by Brody mechanical plant, by "AhroBrody" in the soil there is the of trend increasing of concentrations of mobile forms of most elements, namely copper and plumbum. The coefficient of contamination of soil by Cu and by Pb has been above 1.0, and shows their excess relative to the maximum of the allowable concentration. The degree of contamination of soddy-carbonaceous soils varies from 1,8 to 3,1, relative to the background contents and as to the nature of pollution the sod-calcareous soils are weekly conterminated.

Key-words: soddy-carbonate soil, physical and chemical properties of soils, heavy metals, integral indicator of pollution.

Рецензент: проф. Позняк С.П.

Надійшла 18.04.2012р.