

УДК 631.416.8; 546.0; 544.8

Я.А. Погромська, В.О. Зуза, С.Г. Зуза, Ю.В. Ротач

Донецький відділ родючості ґрунтів Національного наукового центру «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського»

Національна академія аграрних наук України

РОЗПОДІЛ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ПРОФІЛІ ЧОРНОЗЕМУ ЗВИЧАЙНОГО ДОНЕЦЬКОГО РЕГІОНУ

Установлено, що Zn, Mn, Fe, Cu, Pb акумулюються у гумусовому горизонті чорнозему звичайного, Co – в шарі міграції карбонатів, а Cr – в ілювіальному карбонатному горизонті, Cd та Ni відносно рівномірно розподіляються за профілем 0-100 см. Нітрати спричиняють вимивання Zn, Cu та Pb в шар міграційних карбонатів, а Cd, Co, Cr, Fe та Ni – у більш глибокі шари. Органічні комплекси Cd, Co, Ni, Fe мігрують за профілем та осаджуються у шарі міграційних карбонатів, фульвати Pb осаджуються в шарі міграції та ілювіальному шарі карбонатів, а фульвати Mn – у шарі акумуляції карбонатів. Органічні сполуки Zn та Cu не мігрують.

Ключові слова: гумусовий горизонт, чорнозем звичайний, міграція карбонатів, нітрати, органічні комплекси.

Вступ. Достатньо широко досліджено поведінку багатьох елементів у ґрунті [1, 2]. Відомо, що мідь є слабоміграційним елементом. Важливими чинниками рухомості Zn є вміст глинистих мінералів, величина рН та вміст гумусу. Розподіл Ni в ґрунтовому профілі визначається вмістом органічної речовини і аморфних оксидів. У ґрунтовому розчині кадмій присутній у вигляді Cd^{2+} й утворює комплексні іони та органічні хелати. Порівняно з іншими важкими металами свинець найменш рухомий. При високих значеннях рН Pb закріплюється у вигляді гідроксиду, фосфату та карбонату. Рухомий Pb існує у формі комплексів з органічною речовиною. Органічна речовина ґрунту стимулює відновлення Cr^{6+} до Cr^{3+} , зменшуючи рухомість елементу. У природних умовах кобальт знаходиться у станах Co^{2+} , Co^{3+} та комплексного аніону $Co(OH)_3^-$. Поведінка в ґрунті марганцю, як і заліза, визначається здатністю до зміни валентності та утворення форм, спроможних до сорбції багатьох металів.

Розподіл сполук важких металів у ґрунтовому профілі залежить від характеру ґрунтоутворення та визначає доступність їх рослинам. Карбонатний шар ґрунту, як особливість генезису чорноземів, є місцем накопичення важких металів, впливає на їх рухомість і доступність рослинам та має певну структуру: шар вилуговування, що переходить в пульсаційно-міграційний, потім в ілювіальний, та шар сталого накопичення карбонатів [3]. Карбонатність ґрунтів та інтенсивність міграційних процесів в умовах техногенного забруднення є важливим фактором буферності екосистеми. Тому метою пропонованої роботи є дослідження профільного розподілу вмісту важких металів та їх доступності рослинам залежно від карбонатності ґрунту в умовах техногенного навантаження Донецького регіону.

Об'єкти, методи та умови досліджень. Об'єктом дослідження є чорноземні ґрунти Донбасу, розташовані в екологічно забрудненому районі міста Костянтинівка. Метод дослідження – польовий [4]. Визначення вмісту важких металів в екстракті 1н HCl – атомно-адсорбційна спектрофотометрія [5]. Визначення рН водного витягу з ґрунту [6], вмісту карбонатів [7], гумусу за Тюрінім та водорозчинної органічної речовини ґрунту [8], фосфатів за Мачигінім [9] та нітратного азоту в ґрунті [10] – відповідно до державних стандартів.

Результати та їх обговорення. Результати аналізу даних засвідчили, що в

досліджуваних ґрунтах важкі метали переважно накопичуються в поверхневому гумусовому горизонті та їх розподіл по 0–100 см профілю залежить від розподілу карбонатів. Карбонатний профіль досліджуваних ґрунтів (рис. 1), характеризується елююванням карбонатів у середньому до 0-30 см. У 30-50 см шарі спостерігається міграція карбонатів. Ілювіальний горизонт відповідає 50-80 см шару. Починаючи з глибини 80 см, карбонати акумулюються консервативно.

Під час аналізу розподіл елементів по 0-100 см профілю ґрунту встановлено, що в 0-30 см шарі сконцентровано 46 % Zn, 37 % Mn, 36 % Pb, 35 % Fe, 30 % Cu, 28 % Ni, 27 % Co, Cd та Cr по 26 %. У шарі міграції карбонатів уміст Co більший за уміст у гумусовому шарі і становить 30 %. Уміст Cd та Ni міграційного карбонатного шару менший за вміст у гумусовому горизонті на 1 %, Cr – на 2 %, Cu – на 5 %, Fe – на 7 %. Найбільш різке падіння в шарі міграційних карбонатів спостерігається для вмісту Mn – 11 %, Pb – 16 % та Zn – 27 %. У шарі ілювіювання карбонатів спостерігається підвищення вмісту Cr на 1 % проти гумусового горизонту і на 3 % проти міграційного, а в шарі консервативної акумуляції карбонатів – Pb на 4 % проти горизонтів міграції та ілювіювання карбонатів (рис. 2).

Пошарове дослідження ґрунту засвідчило, що вміст рухомого Zn в 0-20 см шарі негативно корелює з кількістю водорозчинного гумусу ($r = -0,85$) та позитивно з умістом елементу в рослинах ($r = 0,71$) при негативному зв'язку цинку в рослинах з водорозчинним гумусом ($r = -0,82$).

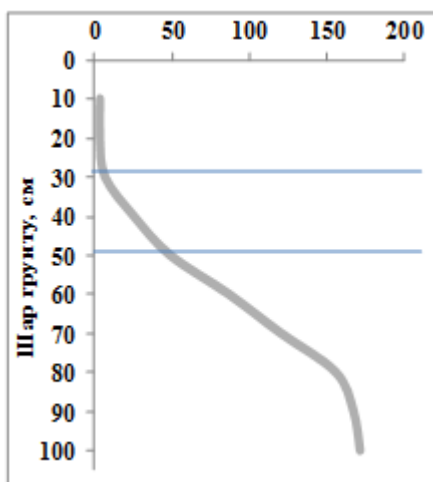


Рис. 1. Розподіл карбонатів у 0-100 см шарі ґрунту, г/кг ґрунту

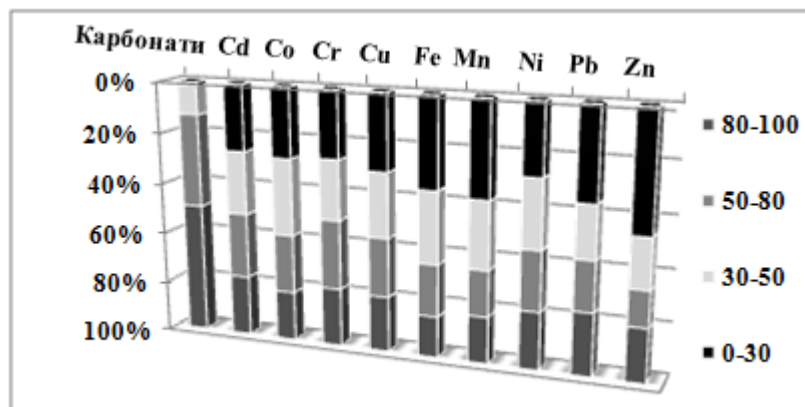


Рис. 2. Розподіл елементів та карбонатів у 0-100 см шарі ґрунту

Це свідчить про те, що зкоагульований фульватний цинк недоступний рослинам і не екстрагується 1н HCl. Уміст рухомого цинку по всьому 0-100 см шарі від'ємно корелює з водорозчинним гумусом верхніх шарів ($r = -0,73$). Тобто, міграції елементу за профілем перешкоджає органічна речовина гумусового горизонту. Тому максимум вмісту рухомого Zn в досліджуваних ґрунтах (52,2 мг/кг ґрунту) відповідає верхньому 0-10 см шару (рис. 3). Збільшення вмісту Zn в 50-70 см шарі відповідає достатньо тісній кореляції концентрації рухомого елементу з умістом карбонатів у цьому шарі ($r = 0,67$) та з умістом нітратного азоту верхніх 0-20 см шарів ($r = 0,93$). Тобто намівання цинку вниз по профілю відбувається за рахунок нітратних форм, які осаджуються в шарі міграційних карбонатів. А позитивний зв'язок вмісту цинку в цьому шарі з гумусом за Тюрнімом ($r = 0,81$) та фосфатами ($r = 0,65$) 0-20 см шару свідчить про те, що в гумусовому горизонті існують, крім стійких комплексів цинку з органічною речовиною, і відносно нестійкі хелатні форми, які разом з фосфатами є джерелом рухомого елементу, мігруючого за профілем за відповідних умов.

Розподіл Mn характеризується максимумами в 0-10 см (295,57 мг/кг ґрунту) та в шарі 20-30 см (266,40 мг/кг ґрунту) (рис. 4).

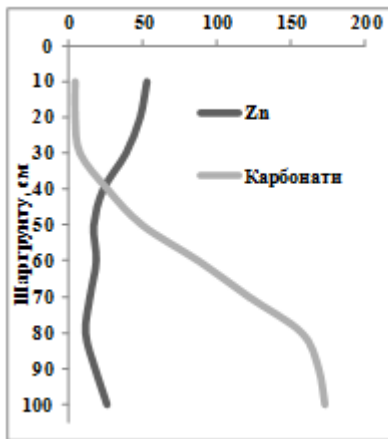


Рис. 3. Уміст рухомого цинку, мг/кг ґрунту залежно від розподілу карбонатів, г/кг ґрунту

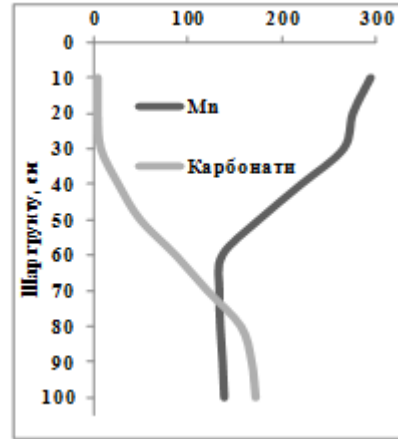


Рис. 4. Уміст рухомого марганцю, мг/кг ґрунту залежно від розподілу карбонатів, г/кг ґрунту

Різке падіння та встановлення сталого вмісту спостерігається в 50-60 см шарі. Рухомість Mn в ґрунті за всім профілем позитивно корелює з умістом елементу в рослинах. Найбільш щільна кореляція спостерігається для шарів 0-10 см ($r = 0,60$), 20-30 см ($r = 0,57$) та 40-50 см ($r = 0,75$). Із нітратним азотом та з фосфатами 0-20 см шару вміст рухомого Mn позитивно корелює у верхній частині профілю до шару 40-50 см, ($r = 0,80$ та відповідно $0,68$). У 60-100 см шарах спостерігається позитивна кореляція з водорозчинним гумусом 0-20 см шару ($r = 0,80$). Тобто мобілізовані форми марганцю нітратним азотом осаджуються в шарах до 40-50 см, глибше мігрують органічні хелати елементу.

Розподіл рухомих форм заліза схожий на розподіл марганцю (рис. 5), але різке падіння вмісту Fe спостерігається в більш глибоких шарах (70-80 см). Максимальний вміст елементу 1511,69 мг/кг ґрунту – у верхньому 0-10 см шарі, мінімальний 674,13 мг/кг ґрунту – починаючи з шару 70-80 см. Уміст Fe у ґрунті позитивно корелює з умістом елементу в рослинах ($r = 0,54$), з фосфатами ($r = 0,64$ в середньому за профілем) та водорозчинним гумусом шару 0-20 см (максимально щільно в шарі міграційних карбонатів 40-50 см $r = 0,80$) та від'ємно з карбонатами (в шарі 40-50 см $r = -0,86$). Це пояснюється тим, що з фосфатів Fe мобілізується органічною речовиною, мігрує за профілем та в шарі міграційних карбонатів відбувається зміна фульватних форм заліза на карбонатні. Перехід металу у двохвалентний стан в умовах насичення ґрунту CO_2 проковує утворення гідрокарбонатів заліза, які є водорозчинними і можуть вимиватися за межі 0-100 см профілю (про що свідчить від'ємна кореляція вмісту рухомого заліза в шарі 40-50 см з умістом міграційних карбонатів).

Розподіл вмісту міді, за 0-100 см профілем досить рівномірний (рис. 6).

Мінімальний вміст рухомого Cu – 12,96 мг/кг ґрунту в шарі 80-90 см. Максимальний – 19,9 мг/кг ґрунту в 20-30 см шарі, де позитивно корелює з концентрацією нітрату 0-20 см шару ($r = 0,79$). Це свідчить про те, що затікання міді вглиб за профілем контролюється нітратним азотом (коефіцієнт кореляції між умістом NO_3 0-20 см шару і вмістом міді в шарах 50-60 см та 80-90 см $r = 0,83$ та відповідно $0,45$). Позитивна кореляція ($r = 0,85$) рухомості Cu в 0-10 см шарі і в 50-60 см шарі ґрунту ($r = 0,92$) з гумусом за Тюрнімом, карбонатами та фосфатами в шарі 0-20 см ($r = 0,89$ та $0,45$ відповідно) свідчить про іонообмінну сорбцію в гумусовому шарі та акумуляцію тут карбонатних і фосфатних форм міді, що є потенційно

доступними для рослин. А негативний зв'язок рухомості Cu з водорозчинним гумусом у 0–20 см шарі ($r = -0,72$) – про коагуляцію фульватів міддю. Від'ємна кореляція вмісту міді в рослинах з кількістю Cu в ґрунті ($r = -0,73$), гумусом за Тюрніним ($r = -0,60$), позитивна з водорозчинним гумусом ($r = 0,76$) 0–20 см шару свідчить про важкодоступність для рослин більшості гідроокисних, окисних, фосфатних і сорбованих гуматами форм Cu верхніх шарів, та про існування доступного Cu водорозчинного вуглецю.

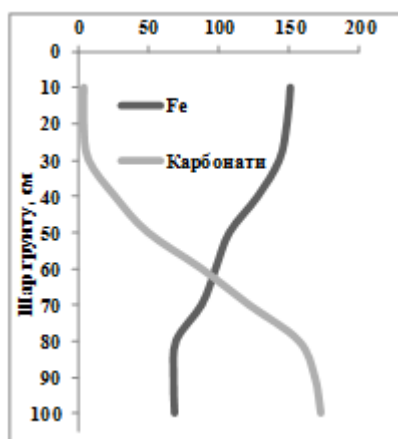


Рис. 3. Уміст рухомого заліза, 0,1 мг/кг ґрунту залежно від розподілу карбонатів, г/кг ґрунту

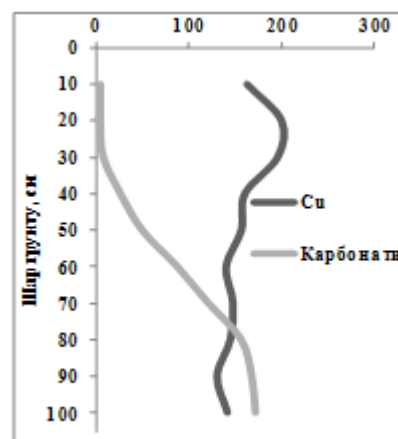


Рис. 6. Уміст рухомої міді, 10 мг/кг ґрунту залежно від розподілу карбонатів, г/кг ґрунту

Уміст свинцю максимальний (22,17 мг/кг ґрунту) у верхньому 0-10 см шарі, зменшується до мінімуму в шарі 40-50 см (9,35 г/кг ґрунту) та декілька підвищується в шарі 50-60 см (11,0 мг/кг ґрунту) і в шарі 90-100 см (13,02 мг/кг ґрунту) (рис. 7). Відсутність кореляції вмісту свинцю в рослинах та в екстракті 1н HCl пояснюється, зокрема, суттєвим вкладом надходження металу через листя. Позитивна кореляція вмісту Pb в 50-80 см шарах з водорозчинним гумусом ($r = 0,68$) та нітратним азотом ($r = 0,18$) шару 0-20 см і з умістом карбонатів ($r = 0,69$) 50-80 см шару свідчить про рухомість фульватних комплексів та нітратних форм металу, за рахунок чого відбувається вимивання його в глибокі шари ґрунту та осаджування в міграційному та ілювіальному шарах карбонатного профілю. Позитивна кореляція гумусу за Тюрніним 0-20 см шару та вмісту свинцю в шарах 20-50 см ($r = 0,82$) свідчить про депонування Pb у гумусовому шарі, який за певних умов мобілізується і мігрує за профілем. Негативна кореляція ($r = -0,80$ за профілем) умісту Pb та фосфатів 0-20 см шару свідчить про відсутність мобілізації із фосфатів.

Розподіл Ni у ґрунтовому профілі представлений на рис. 8. Максимальний уміст рухомих форм елементу (10,56 мг/кг ґрунту) відповідає верхньому 0-10 см шару ґрунту, найменший уміст за профілем – 7,86 мг/кг ґрунту і складає падіння від максимуму 25,5 %, тобто розподіл у 0-100 см шарі певною мірою однорідний. Уміст елементу в рослинах слабо корелює з його вмістом у ґрунті. Тільки в 50-60 см шарі, що відповідає другому максимуму вмісту елементу за профілем, кореляція позитивна ($r = 0,46$). Це свідчить про те, що рухомий нікель, доступний рослинам, концентрується в шарі міграційних карбонатів (кореляція вмісту Ni та карбонатів у цьому шарі позитивна $r = 0,72$). Позитивний зв'язок з водорозчинним гумусом ($r = 0,64$) та загальним гумусом за Тюрніним ($r = 0,72$) 0-20 см шару концентрації нікелю міграційного шару свідчить про те, що елемент мігрує з фульватами за профілем та осідає в шарі міграційних карбонатів. Уміст елементу шарів ґрунту до 60 см негативно ($r -0,71$ та відповідно $-0,81$), а в шарі 70-80 см позитивно ($r 0,72$ та відповідно $0,63$) корелює з концентрацією нітратного азоту та фосфатів 0-20 см

шару. Тобто фосфати стримують міграцію нікелю, але є депо елементу, який за певних умов вимивається з азотом у більш глибокі шари 70-80 см.

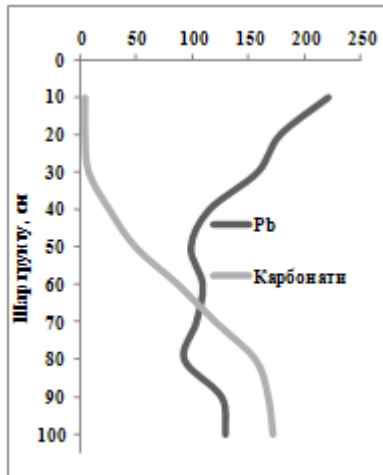


Рис. 7. Уміст рухомого свинцю, 10 мг/кг ґрунту залежно від розподілу карбонатів, г/кг ґрунту

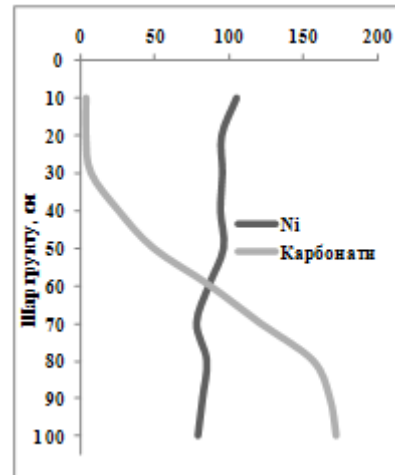


Рис. 8. Уміст рухомого нікелю, 10 мг/кг ґрунту залежно від розподілу карбонатів, г/кг ґрунту

Розподіл хрому по чорноземному профілю представлено на рис. 9. Оскільки органічна речовина ґрунту стимулює відновлення Cr^{6+} до Cr^{3+} , зменшуючи рухомість елементу, кореляція вмісту хрому в ґрунті практично за всім профілем з водорозчинним гумусу 0-20 см шару ($r = -0,25$) негативна проти позитивного зв'язку ($r = 0,84$) показників у шарі найбільш окисних умов 0-10 см шару. У рослинах уміст хрому позитивно корелює з його вмістом у верхньому 0-10 см шарі ґрунту ($r = 0,66$) і негативно з умістом у нижчих шарах (r від $-0,56$ в шарі 10-20 см до $-0,80$ в шарі 80-90 см). Тобто джерело основної маси надходження хрому в рослини – верхні 0-10 см шари ґрунту. Тут локалізований перший максимум умісту рухомого хрому (3,53 мг/кг ґрунту). У 60-80 см шарі ґрунту, що відповідає переходу карбонатного профілю з ілювіального горизонту до консервативно акумулятивного, другий максимум умісту Cr (3,67 мг/кг ґрунту), який також позитивно корелює з умістом елементу в рослинах ($r = 0,60$). Згідно з Ю.В. Алексєєвим [2] вапнування кислих ґрунтів підвищує рухомість як шестивалентного, так і тривалентного хрому. В акумулятивному шарі можуть відбуватися аналогічні процеси з хромом, як при вапнуванні. Це підтверджується позитивною кореляцією вмісту хрому та карбонатів у цьому шарі ($r = 0,80$). У шарі 30-50 см міграційних карбонатів, де також спостерігається накопичення хрому, кореляція між умістом хрому і карбонатів позитивна ($r = 0,73$), але при відсутності кореляції вмісту елементу в ґрунті з умістом у рослинах. Позитивний зв'язок рухомого Cr в цих шарах з умістом нітрату ($r = 0,99$) та фосфатами ($r = 0,84$) шару 0-20 см і відсутність будь-якої кореляції в нижчих 60-100 см шарах свідчить про депонування фосфатами хрому, вимивання елементу нітратами та осаджування карбонатами міграційного шару.

Розподіл кадмію за профілем найбільш однорідний серед ряду важких металів з максимумами в шарах 30-40 см та 50-60 см по 0,42 мг/кг ґрунту та мінімумом у 40-50 см шарі (0,35 мг/кг ґрунту) (рис. 10). Тобто, профіль ґрунту 0-100 см за кадмієм розділюється на дві частини: до шару 40-50 см, та глибше. Кадмій верхніх шарів більш тісно корелює з умістом водорозчинного гумусу ($r = 0,98$ для шару 20-30 см), кадмій глибоких 60-70 см шарів – з нітратним азотом та фосфором 0-20 см шару (r 0,60 та відповідно 0,92). Це свідчить про різні форми міграції елементу. Органічні форми осаджуються до шару 40-50 см, мінеральні, зокрема, нітратні, затікають нижче за профілем.

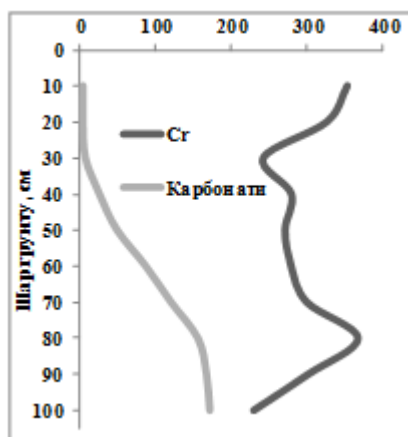


Рис. 9. Уміст рухомого хрому, 100 мг/кг ґрунту залежно від розподілу карбонатів, г/кг ґрунту

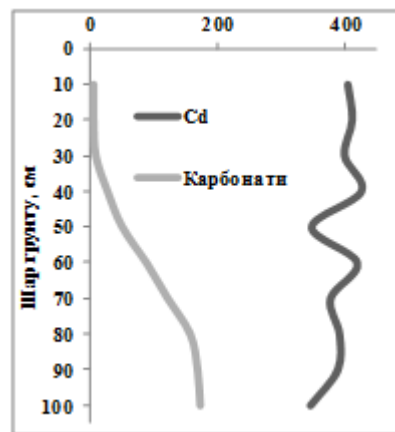


Рис. 10. Уміст рухомого кадмію, 1000 мг/кг ґрунту залежно від розподілу карбонатів, г/кг ґрунту

Зони накопичення кадмію є джерелами ґрунтового надходження елементу в рослини. Так, уміст Cd в цих шарах позитивно корелює з умістом у рослинах (r 0,26 та 0,50 відповідно верхніх та нижчих зонах накопичення). Низькі коефіцієнти кореляції пояснюються суттєвим надходженням елементу через листя.

Характер розподілу кобальту за профілем відрізняється наявністю абсолютного максимуму у шарі міграції карбонатів 40-50 см (2,97 мг/кг ґрунту), максимуму в 20-30 см шарі (2,76 мг/кг ґрунту) та мінімуму в шарі 80-90 см (1,76 мг/кг ґрунту) (рис. 11). Уміст кобальту в рослинах позитивно корелює з концентрацією металу в ґрунті майже за всім профілем ($r = 0,55$). Тобто внесок кореневого надходження елементу в рослини суттєвий та форми, що екстрагуються 1н HCl, доступні рослинам.

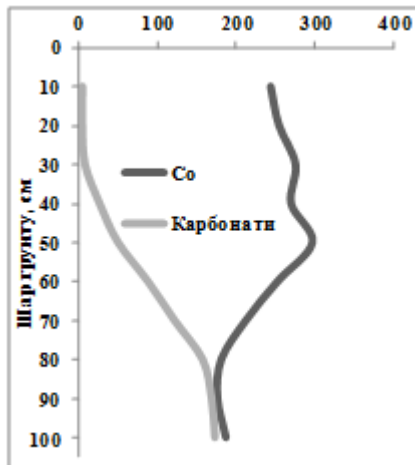


Рис. 11. Уміст рухомого кобальту, 100 мг/кг ґрунту залежно від розподілу карбонатів, г/кг ґрунту

Концентрація кобальту за профілем до 100 см достатньо тісно позитивно корелює з умістом нітратного азоту 0-20 см шару ($r = 0,55$ в 20-30 см шарі та 0,97 в 60-70 см шарі), що свідчить про значний внесок нітратів у формуванні рухомості кобальту. Тісна кореляція вмісту кобальту за профілем з фосфором 0-20 см шару ($r = 0,82$) відповідає депонуванню елементу фосфатами, звідки відбувається мобілізація його нітратами. Менш суттєвий зв'язок з гумусом водорозчинним та за Тюрнімом (r 0,57 та відповідно 0,52) свідчить про меншу рухомість органічних сполук Co.

Висновки. Таким чином, Zn, Mn, Fe, Cu, Pb акумулюються великою мірою в гумусовому горизонті, Co – в шарі міграції, Cr – в шарі ілювіювання карбонатів, Cd та Ni відносно рівномірно розподіляються за 0-100 см профілем.

Карбонати міграційного шару та ілювіально-аккумулятивного є зонами трансформації форм елементів, місцем осаджування та джерелом надходження в рослини багатьох з них. Утворення гідрокарбонатів Fe (II) у шарі карбонатної міграції провокує вимивання заліза за межі 0-100 см профілю. Zn, Cd, Co, Cr, Ni, Mn, Cu депонуються фосфатами та мобілізуються нітратами. Мобілізація Pb із фосфатів ускладнена. Нітратами вимиваються Zn, Cu, Pb у шар міграційних карбонатів та Cd, Co, Cr, Ni – глибше за профілем. Міграція нітратів Fe менш суттєва, ніж його органічних хелатів.

Фульвати осаджуються цинком та міддю. Фульватний Zn нерухомий та недоступний рослинам. Для міді існують доступні рослинам розчинні органічні сполуки. Органічні комплекси Cd, Co, Ni, Fe мігрують за профілем та осаджуються у шарі міграційних карбонатів. Міграційна здатність органічних сполук Co є меншою за його мінеральних форм. Фульвати Pb осідають у шарі міграції та ілювіювання карбонатів. Фульвати Mn більш рухомі, ніж його мінеральні форми та осаджуються в шарі аккумуляції карбонатів.

Бібліографічний список: 1. Кабата-Пендіас А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендіас. – М.: Издательство «Мир», 1989. – 425 с. 2. Алексеев Ю.В. Тяжёлые металлы в почвах и растениях / Ю.В. Алексеев. – Л.: Агропромиздат. Ленинградское отд-ние, 1987. – 142 с. 3. Щеглов Д.И. Черноземы центральных областей России: современное состояние и направление эволюции / Д.И. Щеглов // Вестник ВГУ. Сер.: «Химия. Биология. Фармация». – 2003. – № 2. – С. 187–195. 4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Колос, 1973. – 416 с. 5. Методические указания по определению тяжёлых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. – М. 1992. – 36 с. 6. ГОСТ Грунты. 26423-85: Методы визначення питомої електропровідності ґрунту, рН і щільного залишку водного витягу. 7. ДСТУ ISO Визначення вмісту карбонатів. 10693-2001: Об'ємний метод. 8. ДСТУ Якість ґрунту. 4289:2004: Методи визначення органічної речовини. 9. ДСТУ 4114-2002 Грунти. Визначення рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Мачигіна. 10. Агрохимические методы исследования почв. – М.: Наука, 1975. – 654 с.

Я.А. Погромская, В.А. Зуза, С.Г. Зуза, Ю.В. Ротач
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ ПО ПРОФИЛЮ ЧЕРНОЗЁМА
ОБЫКНОВЕННОГО ДОНЕЦКОГО РЕГИОНА

Установлено, что Zn, Mn, Fe, Cu, Pb аккумулируются в гумусовом горизонте чернозема обыкновенного, Co – в слое миграции карбонатов, а Cr – в иллювиальном карбонатном горизонте. Cd и Ni относительно равномерно распределяются по профилю 0-100 см. Нитраты вымывают Zn, Cu и Pb в слой миграционных карбонатов, а Cd, Co, Cr, Fe и Ni – в более глубокие слои. Органические комплексы Cd, Co, Ni, Fe мигрируют по профилю и осаждаются в слое миграционных карбонатов, фульваты Pb осаждаются в слое миграции и иллювиальном слое карбонатов, а фульваты Mn – в слое аккумуляции карбонатов. Органические соединения Zn и Cu не мигрируют.

Ключевые слова: гумусовый горизонт, чернозем обычный, миграция карбонатов, нитраты, органические комплексы.

I.A. Pogromska, V.A. Zuza, S.G. Zuza, J.V. Rotach
THE DISTRIBUTION OF HEAVY METALS ON THE PROFILE OF SOIL IN
DONETSK REGION

It is established that Zn, Mn, Fe, Cu, Pb are accumulated in the humus horizon of ordinary chernozem, Co - in a layer migration of carbonates, and Cr - in the illuvial carbonate horizon. Cd and Ni are relatively evenly distributed along the profile of 0-100 cm. Nitrates leach Zn, Cu and Pb in the carbonate layer migration, and Cd, Co, Cr, Fe and Ni - the deeper layers. Organic complexes of Cd, Co, Ni, Fe migrate along the profile and deposited in a layer migration of carbonates, fulvates Pb are deposited in a layer of migration and the illuvial layer of carbonates and fulvates Mn - in the layer of accumulation of carbonates. Organic compounds of Zn and Cu did not migrate.

Keywords: humus horizon, black earth ordinary, migration of carbonates, nitrates, organic complexes.