

SECTION 8. FORESTRY

DOI: 10.46299/ISG.2024.MONO.TECH.1.8.1

8.1 Закономірності вмісту та розповсюдження важких металів від фізико-хімічних властивостей ґрунтів в умовах степового Придніпров'я

Ряд важливих державних установ з питань охорони природи і раціонального використання природних ресурсів орієнтує біологічну науку на розвиток прикладних та фундаментальних научно-досліджуваних робіт по захисту і відтворенню рослинного світу, посиленню його захисний і санітарно-гігієнічних функцій.

Важкі метали – це елементи з металевими властивостями й атомною масою > 20. Серед найпоширеніших важких металів – абруднювачів є Cd, Cr, Hg, Pb, Cu, Zn і As.

Забруднення ґрунту важкими металами навколишнього природного середовища було прискорене сучасним суспільством внаслідок індустріалізації, швидкого розширення народонаселення та інтенсифікації сільського господарства. Накопичення важких металів часто призводить до деградації ґрунту та порушення функціонування екосистеми в цілому. Крім того, важкі метали потрапляють до трофічних ланцюгів із забрудненого ґрунту, води та повітря, а отже, спричиняють забруднення харчових продуктів, створюючи таким чином загрозу здоров'ю людей і тварин.

Присутність важких металів у навколишньому середовищі має велике екологічне значення через їхню токсичність у певних концентраціях, переміщення та нездатність до біологічного розкладання, що відповідає за їх накопичення в біосфері [298, 299].

Ґрунт є життєво важливим природним ресурсом для забезпечення потреб людини в якісному харчуванні та якісному навколишньому середовищі

8.1.1.1 Забруднення ґрунтів важкими металами: джерела, показники та оцінка

У всьому світі зареєстровано понад 10 мільйонів місць забруднення ґрунту, причому понад 50% місць забруднені важкими металами та/або металоїдами (такими як миш'як) (табл. 1). Забруднення важкими металами має сукупний світовий економічний вплив та оцінюється в понад 10 мільярдів доларів США на рік [300].

Таблиця 1.1 – Рівень забруднення ґрунтів у світі
(ADEC ,2010; EPMC. 2014; USEPA, 2014)

Країна	Кількість ділянок забруднення	% забруднення важкими металами (металоїдами)
Глобальне забруднення	>10000000	>50
США	>100000	>70
ЄС	>80000	37
Австралія	>50000	>60
Китай	1.0 million km ²	>80

Джерела забруднення важкими металами включають природні процеси та антропогенну діяльність. До ґрунтів можуть унаслідок вихідних матеріалів, таких як ті, що отримані з порід, збагачених металами і чорним сланцем [301, 302].

Антропогенні джерела забруднення важкими металами включають видобуток корисних копалин, плавлення, спалювання викопного палива, утилізацію відходів, корозію та сільськогосподарські методи. Наприклад, зрошення промисловими стічними водами призвело до забруднення важкими металами великої площі орних земель та одночасно призвело до забруднення мільйонів тонн зерна щороку в Китаї. Багато біогеохімічних властивостей/параметрів були запропоновані та застосовані для визначення забруднення ґрунту важкими металами: хімічні індикатори (загальний/відновлюваний вміст, доступна/вилучена кількість та фракціонування); біохімічні показники (активність ферментів, гідроліз FDA);

мікробні показники (мікробна біомаса, мікробний коефіцієнт, питома дихання, мікробний метаболічний коефіцієнт і структура мікробного співтовариства); індикатори ґрунтових тварин (дощові черв'яки-кількість і різноманітність); і показники рослин (вихід біомаси, поглинання металів і метал накопичення в їстівних частинах). Однак найбільш часто використовуваним показником забруднення ґрунту важкими металами все ще залишається валовий вміст, хоча вміст рухомої форми важких металів вже частіше зустрічається в якості характеристики забруднення компонентів навколишнього середовища.

Забруднення важкими металами є глобальною проблемою, яка вимагає спільних зусиль урядів, науковців та спільноти. Урядові постанови мають відігравати важливе значення як для контролю джерел, так і для ліквідації забруднення. Для сільськогосподарських ґрунтів встановлені визначені норми щодо вмісту важких металів (табл. 2), але широкі діапазони їх умісту в ґрунтах у різних країнах вносять певні розбіжності щодо критичного значення кожного забруднювача.

Таблиця 2 – Норми важких металів у сільськогосподарському ґрунті (мг/кг)
(US EPA, 2002; EEA, 2007; TMC, 2007; CME, 2009; ЕРАА, 2012; НЗМЕ, 2012;
ЕРМС, 2015);

Країна	As	Cd	Cu	Cr	Hg	Ni	Pb	Zn
Австралія	20	3	50	100	1	60	300	200
Канада	20	3	250	150	0.8	100	200	500
Китай	20-40	0.3-0.6	150-300	50-200	0.3-1.0	40-60	80	200-300
Німеччина	50	5	500	200	5	200	1000	600
Танзанія	1	1	100	200	2	100	200	150
Нідерланди	76	13	180	190	36	100	530	720
Нова Зеландія	17	3	290	>104	200	N/A	160	N/A
Велика Британія	43	1.8	N/A	N/A	26	230	N/A	N/A
США	0.11	0.48	11	270	1	72	200	1100

Оцінка забруднення ґрунтів важкими металами передбачає відбір зразків репрезентативних ґрунтів на заданій площі, аналіз металів і відповідних ґрунтових характеристик (таких як кислотність, гранулометричний склад, карбонатність), а також порівняння цих значень відповідно до нормативних стандартів. Найбільш часто використовувані способи розрахунок включає потенційний індекс екологічного ризику Хакансона (RI), індекс геоаккумуляції (GI), збагачення фактор (EF), комплексний індекс Немого (NCI) та індекс забруднення (PI). Динамічний розвиток ситуації вимагає постійного проведення подальших досліджень, вдосконалення нормативних стандартів та методів оцінки [303, 304].

8.1.1.2 Ідентифікація факторів, що визначають концентрацію та просторовий розподіл важких металів

Проаналізуємо роботи [300, 304] з визначення основних факторів, що впливають на розповсюдження важких металів (ВМ) а також ризик, який вони несуть для навколишнього середовища. Аналіз основних компонентів використовувався для визначення потенційних факторів, що впливають на накопичення ВМ, із застосуванням двофакторного аналізу для подальшого вивчення важливості будь-якого фактора. Для дослідження закономірності розподілу ВМ створено варіограми. Відмітимо, що варіограми Cd і Pb були подібними, що свідчить про помірну просторову залежність концентрацій цих металів, тоді як варіограма Zn вказувала на відсутність просторової безперервності для цього металу. Нами було встановлено, що Zn, Pb і Cd перевищили граничні рівні, а на деяких ділянках значення вмісту Cd значно перевищело нормативне значення, створюючи сильний екологічний ризик для навколишнього середовища. Наш аналіз проведених нідерландськими вченими досліджень підтвердив, що вміст важких металів у материнській породі був одним із найважливіших факторів, що впливає на накопичення ВМ. Структури розподілу Zn, Pb і Cd вказують на те, що накопичення Cd, а також у меншій мірі

Pb і Zn, головним чином є результатом переносу на великі відстані з промислово розвинутих районів, тоді як на концентрації Zn також впливають місцеві джерела, такі як історичний видобуток корисних копалин (цинкової руди).

Кількість Zn, Pb і Cd, накопичених в поверхневих шарах ґрунтів досліджуваного регіону вказують на те, що значна частина території, що підлягала вивченню, є сильно забрудненою. Цей факт підтверджується значеннями різного ступеня показників, що свідчать про потенційні екологічні ризики, оскільки концентрації цих ВМ значно перевищують гранично допустимі значення.

Проте просторовий розподіл ВМ був дуже мінливим, підпадаючи під вплив різних факторів. Було встановлено, що ґрунтовий вміст ВМ може сильно варіювати залежно від материнської породи (незалежно від того, чи містить вона карбонати). Вченими було виявлено, що материнська порода здійснює первинний вплив і контроль за розповсюдженням ВМ. Але результати досліджень також частково підтвердили гіпотезу про те, що, крім основної материнської породи, не менш важливим фактором, що впливає на поширення ВМ, є географічне місцезнаходження.

Географічні фактори, такі як схил, рослинність, альтитуда та експозиція, були виявлені як другорядні значення в некарбонатних ґрунтах і третинні – в карбонатних ґрунтах. Саме в карбонатних ґрунтах, за нашими дослідженнями, вміст ВМ в материнській породі був найважливішим фактором, що контролює їх розподіл у поверхневих шарах ґрунту. У некарбонатних ґрунтах, властивості, що впливають на розчинність ВМ (рН і вміст SO_x) були важливішими за ВМ. Концентрації даних елементів (Zn, Pb і Cd), згідно отриманої моделі розподілу, показали, що в основному Cd, але також, меншою мірою Pb і Zn, накопичуються на значній відстані від автомагістралі промислово розвинених районів [300, 305].

8.1.1.2.1 Біологічна роль мікроелементів

Мікроелементи – це хімічні елементи (Mn, Cr, Ni, Mo, V, Cu та інші), які містяться в організмах в низьких концентраціях, але не дивлячись на це їм

належить значна біологічна роль. Мікроелементи позитивно впливають на ріст та розвиток організмів, якщо поступають в них в потрібній кількості. Як надлишок, так і нестача мікроелементів призводить до порушення життєдіяльності організмів, тому що мікроелементи входять до складу цілого ряду ферментів, вітамінів, дихальних пігментів. До мікроелементів також відносяться і важкі метали [306].

Усі досліджені мікроелементи відносяться, згідно класифікації А.І. Перельмана [307], до таких груп: водні мігранти, рухомі і слабкорухомі в окислювальному середовищі та інертні в різко відновному (нікель, мідь, ванадій, хром, молібден та ін.); водні мігранти, рухливі у відновлювальних (глейові) умовах і інертні в окислювальних (марганець);

Нікель. Нікель відноситься до першої групи водних мігрантів. Для ґрунту характерні сполуки двовалентного нікелю [307, 308].

У кислих і слабокислих водах нікель може мігрувати у форми Ni^{+2} , випадати з розчину в нейтральному і лужному середовищі. Карбонати нікелю важкорозчинні, вони порівняно легко переходять в розчин у водах. В основному середовищу нікель утворює високорозчинні гідрати, які не вимиваються. Нікель, як і інші важкі метали фіксуються за рахунок рослинних залишків у гумусовому шарі ґрунту, внаслідок чого відбувається його накопичення.

Кларк нікелю в літосфері 0,008% [307]. Вміст нікелю в ґрунтах України в середньому дорівнює $4 \cdot 10^{-3} \%$ [309].

Вміст і розподіл нікелю в ґрунтах залежить від характеру ґрунтоутворюючих порід, які являються майже єдиним його джерелом надходження в ґрунтах. А.П.Виноградов [301] показав, що вміст нікелю в ґрунтах, утворених на гранітах, – сліди, на диоритах – $3 \cdot 10^{-5} \%$, на серпентинітах – $5 \cdot 10^{-1}$.

Мідь. Сполуки одновалентної міді нерозчинні. Серед солей двовалентної міді є як легко розчинні ($CuSO_4$), так і важко розчинні, особливо сульфід міді. Мідь легко абсорбується негативно зарядженими колоїдами, що також обмежує її міграцію в ландшафті. Кларк міді в літосфері 0,007%.

Зола багатьох рослин містить більшу концентрацію купруму, ніж ґрунт, з чим пов'язано біогенне накопичення цього елементу у верхніх горизонтах ґрунтового профілю. Більша частина міді, ймовірно, мігрує разом з глинистими частками, які адсорбують йони купруму. Можлива і колоїдна міграція міді. Відомі колоїдні мідні мінерали.

У ландшафтах сухого клімату з характерним для нього нейтральними і лужними водами мідь малорухома. У степових ґрунтах відбувається біогенне накопичення міді в гумусовому горизонті.

У різко відновних умовах відбувається утворення нерозчинних сполук міді. Ці явища можливі в деяких болотяних ландшафтах, солончаках і інших місцях анаеробного розкладання залишків тварин і рослин [307] .

Ванадій. Середній вміст ванадію в земній корі складає 200мг/кг, основних породах – 300–500 мг/кг, в кислому середовищі – 17–68. Геохімія ванадію тісно зв'язана в біосфері з органічною речовиною. Вміст ванадію в ґрунтах коливається від 50 до 260 мг/кг, а середньому складає 100 мг/кг [301] .

Хром. Хром як і ванадій, концентрується головним чином в основних породах у вигляді малорозчинних сполук, тривалентного хрому. У різко окислювальних умовах при високих температурах можливе окислення тривалентного хрому до шестивалентного, що утворює розчинні хромати.

Кларк хрому в літосфері дорівнює 0,02 %, але в ультраосновних породах (дунитах, пироксенитах) його вміст складає 0,2%. У ґрунтах в середньому вміст хрому близько $1,9 \cdot 10^{-2}$ %. Вміст хрому майже без виключення паралельний вмісту заліза [310]. Вміст хрому у чорноземах зазвичай вище, ніж в інших зональних ґрунтах [311].

Молібден. Кларк молібдену – $3 \cdot 10^{-4}$ % [306]. За даними А.П. Виноградова [312] вміст молібдену в ґрунтах – 2,5 мг/кг.

В. А. Ковда та ін.[310] за вмістом загального молібдену розташовують ґрунти в такому порядку: чорноземи – максимальна кількість молібдену (4,6мг/кг), підзолисті, болотяні, червоноземи – середній вміст молібдену; ґрунти низької біогенності – засолені, каштанові, сіроземи – мінімальна кількість

молібдену (1,0 мг/кг). Ґрунту України [313] в середньому містять валової форми молібдену у верхньому горизонті 0,9–11,4 мг/кг. Відсоток вмісту молібдену від його загальної кількості не перевищує 27,5 % у верхньому горизонті (з коливаннями 0,7–27,5 %) і 23,0 % – в нижньому (коливанням 0,78–23,0%).

Марганець. У ґрунтах відомі сполуки Mn^{+2} , Mn^{+3} , Mn^{+4} , наділені відмінними властивостями. Ґрунти степу та пустель несприятливі для накопичення марганцю, оскільки нейтральне і слаболужне середовище тут поєднується з високим окислювальним потенціалом. В результаті марганець легко переходить у форму Mn^{+4} (MnO_4), важкодоступну для рослин. Тому типові степові трави (ковила та ін.) бідні марганцем, а у ґрунтах відсутня біогенна акумуляція цього елементу .

А. Власюк і інші у своїх роботах показали ефективність використання марганцевих добрив. Марганець є досить поширеним елементом. За даними А.П. Виноградова [314] ,марганець займає в таблиці Кларків 11–12 місце. Його кларк в літосфері складає 0,09%.

В. А. Ковда та співробітники [315] встановили, що найбільша кількість марганцю серед ґрунтоутворюючих порід характерна для базальтів($15 \cdot 10^{-2}$), піски є найбіднішою породою ($2 \cdot 10^{-2}$ %) за вмістом мангану.

Відносно багаті по валовому вміст марганцю такі ґрунтоутворюючі породи як льосовидні суглинки, глини і лесси ($6,8 \cdot 10^{-2}$ %) . Марганець – елемент інтенсивного біологічного накопичення [315, 316].

8.1.1.3 Характеристика кореляційного та регресійного аналізів

Кореляційний аналіз дозволяє вивчати залежність, зв'язок між двома, трьома і більшою кількістю випадкових ознак.

За формою кореляційний зв'язок буває лінійним і нелінійним (криволінійним), за напрямком – прямим і зворотним, за величиною – від 0 до ± 1 , за кількістю корельованих ознак – парним і множинним.

Кореляційний зв'язок характеризується коефіцієнтом кореляції r . Кількісною мірою кореляційного зв'язку є коефіцієнт детермінації R , який визначається за формулою:

$$R = r^2 \cdot 100 \% \quad (1.1)$$

Коефіцієнт детермінації вказує на частку взаємного зв'язку між ознаками. Наприклад, якщо $r = 0,3$, то лише 9 % усіх змін однієї ознаки пов'язані зі зміною іншої ($R = 0,3^2 \cdot 100 \% = 9 \%$).

Розглянемо залежність між двома ознаками Y і X . Кореляційне поле в цьому випадку будується шляхом нанесення експериментальних точок на координатну площину. З характеру розташування точок поля заздалегідь судять про форму залежності випадкових величин (наприклад, про те, що одна величина в середньому зростає або убыває в разі зростання іншої). Для встановлення коефіцієнта кореляції користуються формулою [317].

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum (y_i - \bar{y})^2}} \quad (1.2)$$

Коефіцієнт кореляції дає більш точну інформацію про характер і силу зв'язку, ніж картина кореляційного поля.

Достовірність обчисленого коефіцієнта кореляції може бути доведена двома шляхами:

- 1) порівнянням розрахованого коефіцієнта кореляції r_{ϕ} з табличним r_t ;
- 2) порівнянням коефіцієнта кореляції з критерієм Стюдента t .

Найбільш простий спосіб – установлення достовірності розрахованого коефіцієнта кореляції порівнянням його з табличним значенням. Якщо $r_{\phi} > r_t$, вплив чинника на ознаку достовірний; навпаки, якщо $r_{\phi} < r_t$, коефіцієнт кореляції не достовірний і вплив чинника не істотний.

У випадку застосування критерію Стюдента для доказу достовірності r спочатку розраховують стандартну (квадратичну) похибку коефіцієнта кореляції за формулою:

$$m_r = \sqrt{\frac{1-r^2}{N_n-2}} \quad (1.3)$$

де N_n – кількість зв'язаних пар.

Значення коефіцієнта кореляції записують з урахуванням його похибки: $r \pm m_r$. Потім обчислюють критерій Стюдента для коефіцієнта кореляції:

$$t_r = \frac{r}{m_r} \quad (1.4)$$

Якщо $t_{r,\phi} > t_{r,T}$, кореляційний зв'язок істотний, якщо $t_{r,\phi} < t_{r,T}$ – недостовірний.

Регресійний аналіз. Логічним продовженням кореляційного аналізу є регресійний аналіз, який розвиває та поглиблює уявлення про кореляційний зв'язок. Якщо кореляційний аналіз дозволяє встановити лише форму і тісноту залежності між випадковим змінними, регресійний аналіз математично описує виявлену залежність, тобто дає можливість чисельно оцінити одні параметри через інші. Склавши та вирішивши рівняння регресії, можна виконати варіювання емпіричних ліній регресії, тобто моделювати спостережувану залежність шляхом підбора функції, графік якої є теоретичною лінією регресії. Якщо підібрана функція відбиває суть процесу або явища, то можливе прогнозування значень ознаки за межами виконаних спостережень.

Подібно до кореляції, регресія може бути парною (простою) і множинною, за формою зв'язку – лінійною і нелінійною, за залежністю – однобічною (змінюється лише одна ознака під впливом іншої) і двобічною (змінюються обидві ознаки під дією одна одної). Регресія виражається декількома способами: шляхом побудови емпіричних ліній, шляхом складання рівняння і потім – побудови теоретичних ліній регресії, а також за допомогою коефіцієнта регресії.

Регресійний аналіз можливий за наявності усього лише декількох пар зв'язаних спостережень, але за умови сильних зв'язків між ознаками ($r \geq 0,7$). Для виведення рівняння лінійної регресії вистачає двох пар спостережень.

Зазвичай поряд з рівнянням регресії приводиться коефіцієнт кореляції або кореляційного відношення, наприклад: $y=0,1106x+0,298$, $r= 0,75$ (це обумовлено практичним використанням рівняння регресії). З приведеного рівняння витікає, що вплив аргументу (x) на функцію (y) досить сильний. Тому, маючи у своєму розпорядженні дані про аргумент, можна по формулі рівняння регресії вичислити значення функції, не вдаючись до польових спостережень.

Для зважених рядів точки емпіричних ліній регресії (x/y , y/x) визначаються як зважені середні арифметичні, для незважених рядів як середні малих груп вибірки. Обчисливши координати точок, наносимо їх на графік і сполучаємо прямою; в результаті виходять емпіричні лінії регресії. По графічному зображенню можна заздалегідь зробити висновок про характер зв'язку. При повній відсутності зв'язку емпіричні лінії розташовуються паралельно осям графіка. При повному зв'язку між x , y ($r=1$) лінії регресії на графіку, побудовані по точках емпіричних ліній регресії (y/x , x/y), поєднуються.

Існує два способи складання рівнянь регресії:

а) спосіб координат точок, з використанням двох-трьох точок, розташованих на емпіричній лінії (бажано на початку, середині і кінці її), – для тих випадків, коли розрахунок не вимагає великої точності;

б) спосіб найменших квадратів, точніший оскільки для складання рівняння регресії притягуються усі зв'язані спостереження [316, 321].

8.1.1.4 Об'єкти і методи дослідження

Дана робота представляє собою дослідження кореляційних зв'язків вмісту та розповсюдження важких металів з фізико-хімічними властивостями ґрунтів.

8.1.1.4.1 Об'єкти дослідження

У даній роботі об'єктом дослідження являються : ґрунти різнотравно-констрицево-ковилевого степу (рис. 2.1 –2.2 (а,б) та суховатого бору (рис. 2.3–2.4 (а,б)).



Рисунок 2.1 – Об'єкт дослідження – Різнотравно-кострицево-ковилевий степ (а)



Рисунок 2.2 – Об'єкт дослідження – Різнотравно-кострицево-ковилевий степ (б)



Рисунок 2.3 – Об'єкт дослідження – Сухуватий бір (а)



Рисунок 2.4 – Об'єкт дослідження – Сухуватий бір (б)

У районі дослідження ділянки цілинної степової рослинності зберіглися головним чином по схилах балок і на узліссях байрачних лісів[299]. Причому рослинність пологих схилів на слабо середньозмитих ґрунтах наближається до зональної рослинності рівнинного суглинного степу, відмічає Морозов [307].

Для проведення спостережень [318, 319], наміченою програмою роботи, узята найбільш характерна для району разнотравно-кострицево-ковилевий степ на чорноземі звичайному суглинному, що дозволяє отримати чітке уявлення про зональний клімат, ґрунт і рослинність.

Типовим прикладом разнотравно-кострицево-ковилевого степу служить ділянка, яка розташована на вершині вододільного плато між р. Самара і р. Сороковушкой (Присамарський стаціонар, Дніпропетровської області), із слабким схилом в 1,50 північно-східній експозиції. Тип лесорослинних умов – суглинок сухий (СГ₀₋₁). В травостої панує типчак борадчатий, тонконог витончений, чабрець Маршала. Покриття 85-100%. Ґрунт – чорнозем звичайний, карбонатний, малогумусний середньосуглинковий, на лесовидних суглинках. Ґрунтові води на глибині 40 м. Скипання з 46 см. По механічному складу ґрунт важкосуглинковий. Верхні горизонти більш пилюваті (41% пилю), ніж ґрунтоутворююча порода (36% пилю). Кількість гумусу, дорівнює 4,3% у верхньому горизонті, поступово убуває з глибиною. У верхніх горизонтах рН нейтральна, а з глибиною реакція переходить в лужну. Співвідношення Са:Mg дорівнює 9,7. З глибиною доля магнію трохи зростає і співвідношення падає до 7,0. Аналіз водної витяжки показує відсутність засолення. Сухий залишок рівний 0,02–0,1%.

Режим зволоження різнотравно-кострицево-ковилевого степу характеризується локальним коефіцієнтом зволоження [320] :

$$ЛКУ = P / E_0$$

де P – кількість річних опадів;

E_0 – сума вологи, що випаровується за цей період [301].

8.1.1.4.2 Ґрунти сухуватого бору

Пробна площа, яка розташована на другій піщаній терасі долини р. Самари, на вершині, вкритої донними горбами, є типовий бір. Тип лесорослинних умов – пісок сухуватий (П₁). Тип світлової структури – освітлений, світловий стан – нормальний. Тип деревостою – без чагарникового підліска. Вік сосни 70–90 років, висота – 15–21 м, діаметр стовбура 30–45 см, зімкненість 0,5. Ділянки з соснами, зростаючими групами чергуються з відкритими місцями, де панують ксерофільні злаки та піщане різнотрав'я. Трав'яний покрив складається з костриці Беккера, полину піщаного, цмина піщаного, їжи збірної, дроку фарбувального. Покриття під деревами 25–30%, на полянах 65–70%.

Лісова підстилка тришарова, цілісна, рихла, труховидної структури. Перший горизонт складається зі свіжоопалої цілісної хвої, шишок і легко відділяється від другого горизонту, що більш розклався. Третій труховидний шар сухий, перемішаний з ґрунтом. Запас підстилки 12,0 т/га, потужність – 2,47 см. Загальна кількість опаду 2,89 т/га.

Ґрунт – дерново-боровий, малогумусний, середньовилужений піщаний, слаборозвинений на древньоалювіальних відкладеннях [321].

Механічний склад дерново-борових ґрунтів представлений піском зв'язним, дрібнозернистим. Ґрунти арени бідні гумусом (0,4–2,7%) і мають кислу реакцію (рН = 5,8–6,4), малу ємність поглинання (3,1–4,1 мг/екв 100 г ґрунту) і незначну кількістю поглинених основ (2,3–3,5 мг/екв 100 г ґрунту).

Ґрунтові води залягають на глибині 3,5 м. Перевищення площі над рівнем річки 12,5 м [321].

8.1.1.4.2 Методи дослідження

При виконанні дисертаційної роботи був застосований біогеоценотичний підхід, виразом якого є теорія В. М. Сукачова про біогеоценози [322]. В ході проведення наукових досліджень нами були застосовані загальнонаукові та спеціальні методи: польовий (відбір ґрунтових зразків, опаду та підстилки),

лабораторний (фізико-хімічний аналіз ґрунтів, визначення вмісту валових і рухомих форм кадмію та інших важких металів), математичний (статистична обробка отаманих результатів – проводилась наступна математична обробка отриманих даних, при $P > 0,05$)

Здійснити оцінку протікання процесів при антропо-техногенному забрудненні кадмієм дозволяють декілька десятків інструментальних методів аналізу, зокрема спектральні, хроматографічні, електрохімічні, але найбільш широкою є група спектральних та інших оптичних методів аналізу, які інтенсивно застосовують у дослідженнях ґрунтів, рослин та інших біологічних об'єктів [323, 324]. В наших дослідженнях був застосований атомно-абсорбційний аналіз – фізичний метод дослідження елементного складу речовини. За важливими для експериментальної та практичної роботи показниками цей метод кращий, ніж багато інших, і більшою мірою задовольняє вимоги науки та практики. Завдяки чутливості атомно-абсорбційного методу можливо отримати найменшу концентрацію елементу, яка викликає поглинання в 1 %.

Основними показниками, що підлягали оцінці в процесі визначення нами фізико-хімічних властивостей ґрунтів були: вміст гумусу, гранулометричний (механічний) склад ґрунту, вміст карбонатів, рН в ґрунтах. Кількість гумусу визначалась методом І. В. Тюріна, гранулометричний (механічний) склад ґрунту визначався за Н. А. Качинським, визначення вмісту карбонатів у ґрунті проводилось за методом А. Ф. Вадюніної, З. А. Корчагіної, значення рН вимірювали за допомогою рН-метру – потенціометричний метод аналізу (ДСТУ 5041:2008, ДСТУ 4768:2007, ДСТУ ISO 10390:2001) [325].

Для визначення валових форм Cd у ґрунті була застосована методика [326, 327]: 1. 5 г повітряно-сухого ґрунту залили 25 мл HNO_3 (1:1), нагріли на піщаній бані протягом 10 хв., долили 5 мл H_2O_2 і знову нагріли на піщаній бані протягом 5–10 хв. 2. Суміш охолодили, відфільтрували у мірній колбі на 50 мл. 3. Фільтри з ґрунтом перенесли в стаканчики, долили 20 мл HNO_3 (1М) і знову нагріли до $t=100^\circ\text{C}$. 4. Охолодили, відфільтрували в ті ж мірні колби, довели до

мітки дистильованою водою. Вміст валових форм важких металів оцінили за допомогою атомно-абсорбційного спектрофотометру С-115-M1 (полум'яний варіант).

Для вилучення рухомих форм Cd нами було застосовано ацетатно-амонійну витяжку ґрунту ($\text{pH} = 4,8$). Це зумовлено тим, що відповідне значення pH підтримується в зоні кореневої системи в більшості рослин, тому саме при цьому значенні метали потрапляють у ланцюг живлення. Для визначення потенційно рухомих форм Cd попередньо нами був підготовлений ацетатно-амонійний буфер з $\text{pH}=4,8$, за такою методикою: 1). в мірну колбу місткістю 1 л влили 75 мл водного розчину аміаку (NH_4OH) і 108 мл оцтової кислоти (CH_3OH), довели до мітки дистильованою водою; на pH -метрі провели вимірювання pH отриманого буферу; 2) взяли 5 г середньо змішаної проби ґрунту та залили 50 мл відповідного буферу для одержання ацетатно-амонійної буферної витяжки, поставили на добу відстоюватися. Відфільтрували отриману ацетатно-амонійну витяжку ґрунту й на атомно-абсорбційному спектрофотометрі С-115-M1 (полум'яний варіант). визначили вміст потенційно рухомих форм Cd. Розрахунок проводили на 1 кг сухої маси ґрунту [326–328].

8.1.2.1 Вміст мікроелементів у валовій формі в кореневонасиченому шарі ґрунтів

Протягом тривалого часу аналізувалися мікроелементи у восьмидесяти трьох ґрунтових розрізах долинних лісів Краснолеського, Кочерезького і Котовського лісництв Присамарського біосферного, біогеоценологічного міжнародного учбово-наукового центру ім. Олександра Бельгарда в рамках Комплексної експедиції з дослідження лісів степової зони. На підставі аналітичних даних були отримані середньостатистичні показники вмісту нікелю, міді, ванадію, хрому, молібдену, марганцю в основних типах ґрунтів долинних біогеоценозів.

У центральній заплаві (де переважають лугово-лісові ґрунти) накопичення багатьох мікроелементів досягає максимуму, оскільки існує постійний зв'язок з

грунтовими водами, відбувається механічна акумуляція елементів з паводкових вод, наявна щедра рослинність. У заплавних лугово-лісових ґрунтах центральної заплави, в порівнянні із заплавними лісовими ґрунтами прируслов'я, значно накопичуються марганець, хром і нікель.

В межах притеррася, окрім перерахованих вище чинників, має значення також делювіальний процес з терас і вододілів ґрунту і ґрунтових вод, збагачених продуктами вивітрювання, внаслідок чого ґрунти відрізняються підвищеним емістом мікроелементів. У дерново-борових піщаних ґрунтах арени, що не заливаються навіть у великі паводки, знаходиться мінімальна кількість усіх мікроелементів. Лугово-лісові суглинкові солонцево-солончакові ґрунти центральної заплави характеризуються значним збільшенням вмісту міді [301].

Вміст нікелю в досліджуваних ґрунтах лісових біогеоценозів заливних і аренних міст південного сходу України дещо нижче, ніж у ґрунтах Середньоруської рівнини [305], він варіює в межах 24–34 мг/кг. Середній вміст нікелю в ґрунтоутворюючих породах – 25–30 мг/кг, коефіцієнт варіації складає 21–40%. Найбільш збагачені нікелем глинисті алювіальні відкладення (30мг/кг), найменш – піщані (20мг/кг), (таблиця 3.1). Ґрунти наслідують в основному той же вміст нікелю, що і в породі. В порядку убутання кількості нікелю ґрунти долинно-терасового ландшафту в межах Котовського, Кочерезького і Краснолеського лісництв можна розташувати в низхідний ряд: глинисті – суглинкові – супіщані – піщані.

Таблиця 2.1– Середньостатистичні показники кількісного вмісту
мікроелементів в ґрунтоутворюючих породах

Вміст міді в дерново-борових піщаних ґрунтах складає в середньому 14

Алювіальні відкладення за механічним складом	n	Показники	Вміст мікроелементів ,мг/кг					
			Cr	V	Mn	Ni	Mo	Cu
Глинисті	5	C V,%	86 13	296 31	615 48	30 25	1,9 21	12 42
Суглинкові	5	C V,%	80 39	280 34	327 42	27 21	1,6 20	4,7 63
Супіщані	24	C V,%	50 30	162 27	180 79	22 40	1,6 27	2,7 4,7
Піщані	45	C V,%	30 25	148 30	53 56	20 23	1,5 25	1,3 55

мг/кг повітряно-сухого ґрунту, в заплавлних лугово-лісних суглинках – 31 мг/кг; суглинкові та супіщані ґрунти виділяються підвищеним вмістом міді в порівнянні із чорноземами звичайними (64–93мг/кг проти 23–31мг/кг відповідно). Збільшений вміст міді в засолених ґрунтах, як відмічає В. А. Ковда, свідчить про те, що мідь приймає участь у процесі галогенезу [329].

В межах окремих типів ґрунтів відмічені значні варіації вмісту купруму. Так, ґрунти лугово-лісові характеризуються коефіцієнтами варіації, рівними 17–32%, що можна пояснити різною мірою зволоження ґрунтів, віднесених до цього типу, і значними коливаннями механічного складу генетичних горизонтів. Коефіцієнт варіації міді в лугово-лісових солонцово-солончакових ґрунтах дорівнює 43%. Підвищена варіація вмісту міді в цих ґрунтах ймовірно пов’язана з різною мірою засолення окремих ґрунтових горизонтів.

Середній вміст ванадію в долинно-терасному ландшафті варіюється відносно широко. Максимальна кількість ванадію властива заплавлним лугово-лісовим суглинковим ґрунтам (300мг/кг), коефіцієнт варіації – 55%.

Мінімальний вміст ванадію мають дерново-борові ґрунти (34мг/кг), що залягають на піщаному підґрунті, коефіцієнт варіації – 31%.

Досліджені типи ґрунтоутворюючих порід лісових біогеоценозів істотно відрізняються за вмістом хрому. Так, в глинистих алювіальних відкладеннях його вміст в середньому складає 86 мг/кг, у суглинкових – 80мг/кг, супіщаних – 50мг/кг і піщаних –30мг/кг. Ґрунти, що утворюються на багатих хромом суглинкових породах, містять хрому в 2–3 рази більше, ніж на супіщаних (78–91 мг/кг проти 24–40мг/кг). Коливання вмісту хрому в межах кожного типу ґрунтів відносно невелике, коефіцієнт варіації – 9–32%.

Що стосується молібдену, то піщані алювіальні відкладення містять його концентрацію 1,5 мг/кг, суглинкові і супіщані – 1,6, глинисті – 1,9 мг/кг сухої породи. Ці величини укладаються в межі середнього вмісту молібдену в ґрунтових горизонтах України [307]. Варіація вмісту молібдену в ґрунтах дослідженого району у піщаних і глинистих ґрунтах складає від 1,9 до 3,6 мг/кг

Отримані експериментальні результати за вмістом марганцю в ґрунтоутворюючих породах лісових біогеоценозів долинно-терасового ландшафту узгоджуються з літературними даними. Найбільшу кількість марганцю містять глинисті ґрунтоутворюючі породи (615 мг/кг), піщані породи є найбіднішими за вмістом марганцю (53 мг/кг). Суглинкові алювіальні відкладення характеризуються вмістом марганцю, рівним 327 мг/кг, а супіщані – 180 мг/кг породи.

Підводячи підсумок дослідженню кореневонасиченого шару ґрунтів лісових біогеоценозів долинно-терасового ландшафту на вміст мікроелементів, необхідно відмітити наступне:

Вміст міді в ґрунтах суглинкових заплавних лугово- лісових, болотяних лісових (28-31мг/кг), лугово-лісових солонцево-солончакових (93мг/кг) і солончаку лугово-лісовому (64 мг/кг) істотно вище за фоновий вміст міді для усіх ґрунтів, в дерново-борових піщаних (14,0мг/кг) і заплавних супіщаних (23мг/кг) він близький до середніх даних:

Вміст марганцю відповідає середнім даним в ґрунтах заплавлених лугово-лісових суглинкових (850мг/кг), набагато вище вміст марганця в заплавлених лугово-болотних суглинкових ґрунтах (1189мг/кг), ймовірно, за рахунок підвищеного вмісту його в породі та механічної акумуляції з паводкових вод, значно нижче у солончаку лугово-лісовому суглинковому (697мг/кг), заплавлених лісових супіщаних (182 мг/кг) і дерново- борових піщаних ґрунтах (102 мг/кг)

За вмістом хрому серед досліджених ґрунтів виділяються ґрунти дерново-борові піщані (24мг/кг) і заплавні-лісові супіщані (40мг/кг), в яких середній вміст хрому в 2–3 рази нижчий, ніж середні показники (70мг/кг) для чорнозему. Ґрунти заплавно-лугово-лісові, солончак лугово-лісовий характеризуються величинами 78–91 мг/кг, близькими до середнього вмісту хрому в чорноземах (90мг/кг).

Вміст ванадію в усіх ґрунтах лісових біогеоценозів, окрім дерново-борових піщаних ґрунтів, вище за середнє значення для чорноземів (100 мг/кг).

Межі варіювання кількості вмісту молібдену в ґрунтах лісових біогеоценозів степової України (1,9–3,6 мг/кг) в основному вище за фоновий вміст молібдену в ґрунтах (2,0 мг/кг).

Коливання у вмісті мікроелементів в ґрунтах лісових біогеоценозів долинно-терасового ландшафту визначається властивостями породи, характером рослинного покриву і місцезонашуванням лісового біогеоценозу в ландшафті.

Лісові біогеоценози вносять істотні корективи до мікроелементної характеристики ґрунтів степу. Вміст мікроелементів в ґрунтах лісових біоценозів долинно-терасного ландшафту залежить більше від механічного складу ґрунтів, ніж від геоморфології і типу біогеоценозу.

По кількісному вмісту в ґрунтах лісових біогеоценозів мікроелементи складають наступний ряд: марганець – хром – нікель – мідь.

Ґрунти лугово-лісові засолені характеризуються підвищеним умістом міді. Отримані кількісні показники мікроелементів в ґрунтах використовувалися нами для розрахунків коефіцієнтів кореляції та рівнянь регресії між вмістом Mn, Cr, Ni, Mo, V, Cu, гумусом та фракції фізичної глини в ґрунтах різнотравно-кострицево-ковилевого степу та соснового бору.

8.1.2.2 Результати дослідження гранулометричного складу ґрунтів

В роботі проведено аналіз [320, 330] вмісту фракції фізичної глини в ґрунтах біогеоценозів Присамарського стаціонару в (результати таблиці 2.2).

Вміст фракції фізичної глини в ґрунтах досліджуваних біогеоценозів складає від 5,5 до 60,6 %. В чорноземі звичайному вміст фракції фізичної глини знижується по горизонтам, в поверхневому шарі він складає 60,6 %; в горизонті 40–50 см – 60,1 %; в горизонті 80–90см – 57,1%; в горизонті 140–150 см – 51,1%.

Таблиця 2.2 – Вміст фракції фізичної глини в ґрунтах біогеоценозів
Присамарського стаціонару

Біогеоценоз	Тип ґрунтів	Глибина відбору проб, см	Вміст,% фракції фізичної глини < 0,01мм
Різотравно-кострицево-ковилевий степ	Чорнозем звичайний	0-10	60,6
		40-50	60,1
		80-90	57,1
		140-150	51,1
Суховатий бір	Дерново - борові ґрунти	1-15	8,4
		50-60	5,5
		125-135	14,0
		210-220	5,6

В дерново-борових ґрунтах вміст фракції фізичної глини варіює в межах від 5,5 до 14,0 %. В поверхневому шарі він дорівнює – 8,4%; і в горизонті 50 – 60см – 5,5%; в горизонті 125–135см – 14,0%; в горизонті 210–220см – 5,6%.

В кореневонасиченому шарі ґрунту (0–50см) середній вміст фракції фізичної глини (частки розміром < 0,01мм) в різотравно-кострицево-ковилевому степу складає 60,35% , а в суховатому борі – 6,95%.

З отриманих результатів видно, що середній вміст фракції фізичної глини в різнотравно-кострицево-ковилевому степу в 8,68 раз більше, ніж в дослідженому суховатому борі.

Інфографіка отриманих результатів вмісту фракції фізичної глини в ґрунтах різнотравно-типчакового-степу представлена на рисунку 2.1

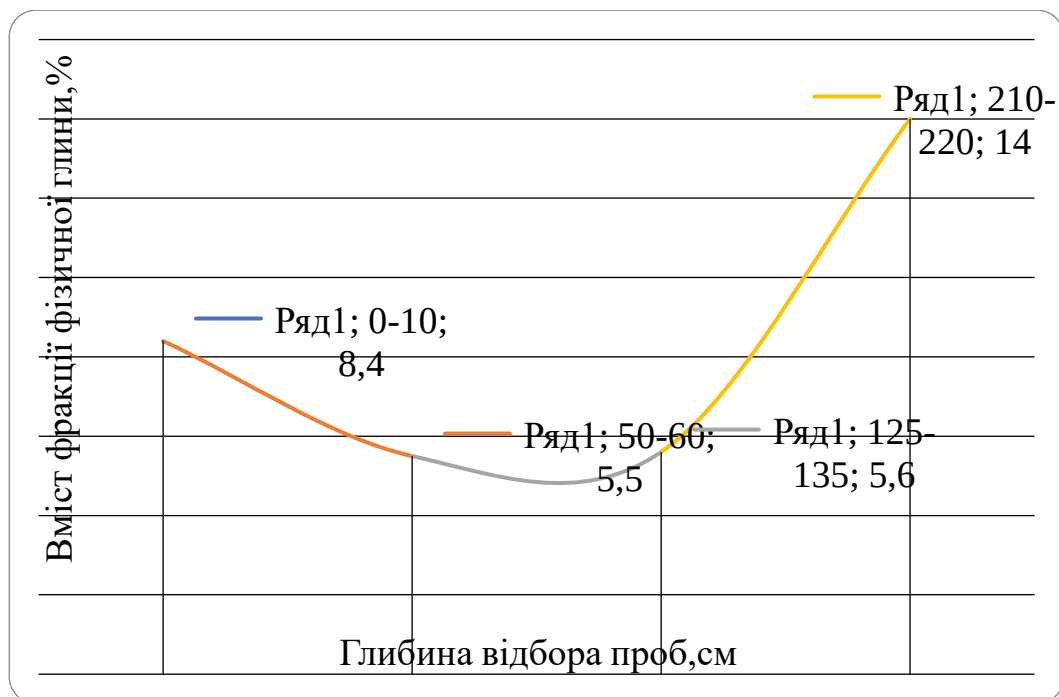


Рисунок 2. 1– Розподіл фракції фізичної глини в чорноземі звичайному за глибиною ґрунтового профілю

З представленого рисунку видно, що зі збільшенням глибини відбору пробних зразків фракції фізичної глини зменшується. Так, шарі ґрунту (0-10) вміст складає 60,6%, а в шарі 140-150 см – 51,1%.

Графічне представлення отриманих результатів вмісту фракції фізичної глини в ґрунтах суховатому борі представлено на рисунку 2.2

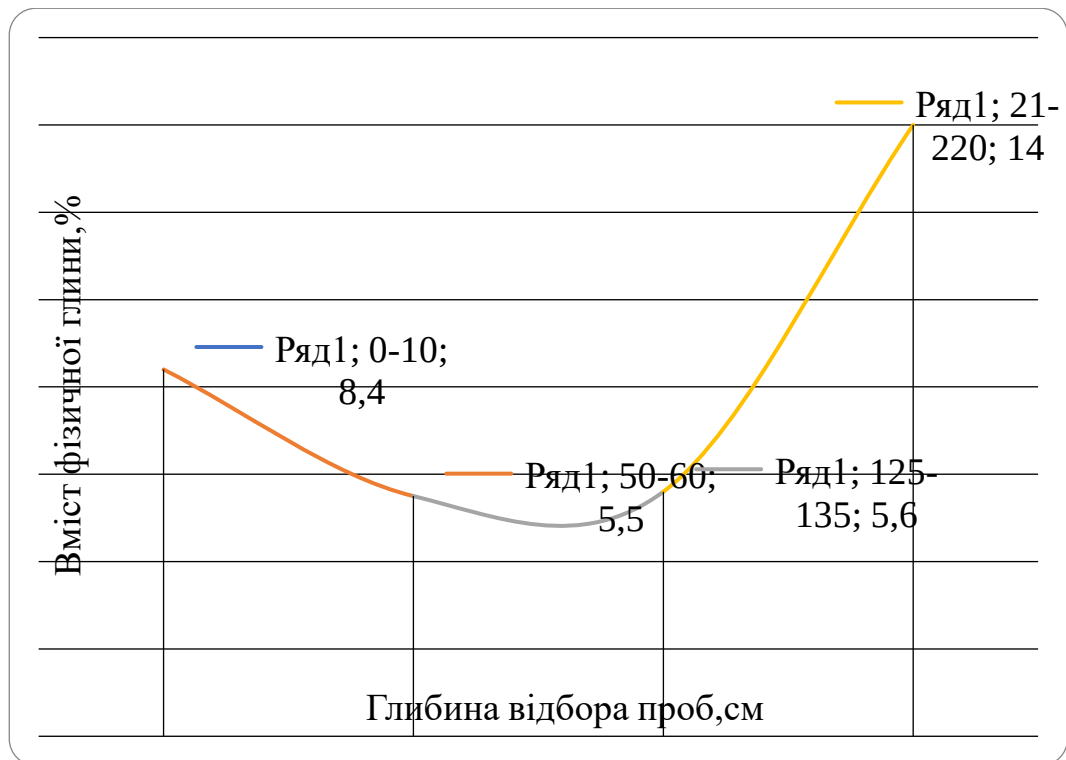


Рисунок 2.2 – Розподіл фракції фізичної глини в суховатому борі за глибиною ґрунтового профілю

З представленого рисунку видно, що зі збільшенням глибини відбору пробних зразків фракції фізичної глини збільшується. Так, шарі ґрунту (0–10) вміст складає 8,4%, а в шарі 210–220 см – 14,0 %.

8.1.2.3 Результати визначення гумусу в ґрунтах досліджуваних біогеоценозів

Проаналізовано вміст гумусу в чорноземі звичайному і дерново- борових ґрунтах [304,308], дані наведено в таблиці 2.3

Таблиця 2.3 – Вміст гумусу в ґрунтах лісових Присамарського
стаціонару

Біогеоценоз	Тип ґрунтів	Глибина відбору проб, см	Вміст гумусу, %
Різнотравно- кострицево- ковилевий степ	Чорнозем звичайний	0-10	6,1
		40-50	4,6
		80-90	3,6
		140-150	2,2
Суховатий бір	Дерново- борові ґрунти	1-15	2,7
		50-60	0,7
		125-135	0,5
		210-220	0,2

В ґрунтах досліджених біогеоценозів вміст гумусу варіює від 0,2 до 6,1 %, причому в різнотравно-кострицево-ковилевому степу – від 2,2 до 6,1%, суховатому борі – від 0,2 до 2,7%. В чорноземі звичайному вміст гумусу складає – 4,6-6,1%, а в дерново-борових ґрунтах – 0,2-2,7%.

В кореневонасиченому шарі ґрунту (0–50см) середній вміст гумусу різнотравно-кострицево-ковилевого степу складає 5,35%, а в ґрунтах суховатого бору 1,6%.

З отриманих результатів видно, що середній вміст гумусу в шарі ґрунту (0–50см) різнотравно-кострицев-ковилевого степу в 1,2 раза більше ніж у суховатому борі.

Отримані результати вмісту гумусу в ґрунті різнотравно-кострицево-ковилевого степу представлено на рисунку 2.3

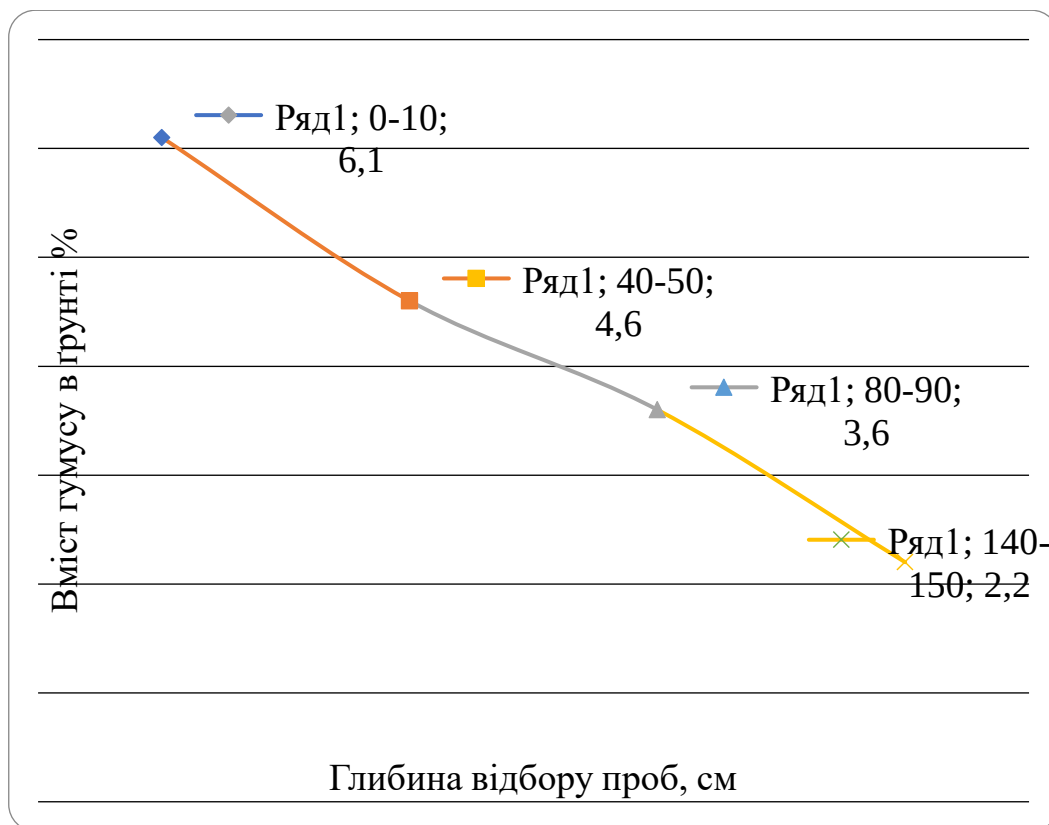


Рисунок 2.3 – Розподіл гумусу чорноземі звичайному за глибиною ґрунтового профілю

З представленого рисунку видно, що зі збільшенням глибини відбору пробних зразків ґрунту вміст гумусу зменшується. Так, шарі ґрунту (0–10) вміст складає 6,1%, а в шарі 140–150 см – 2,2%.

Отримані результати вмісту гумусу в ґрунті суховатого бору представлено на рисунку 2.4

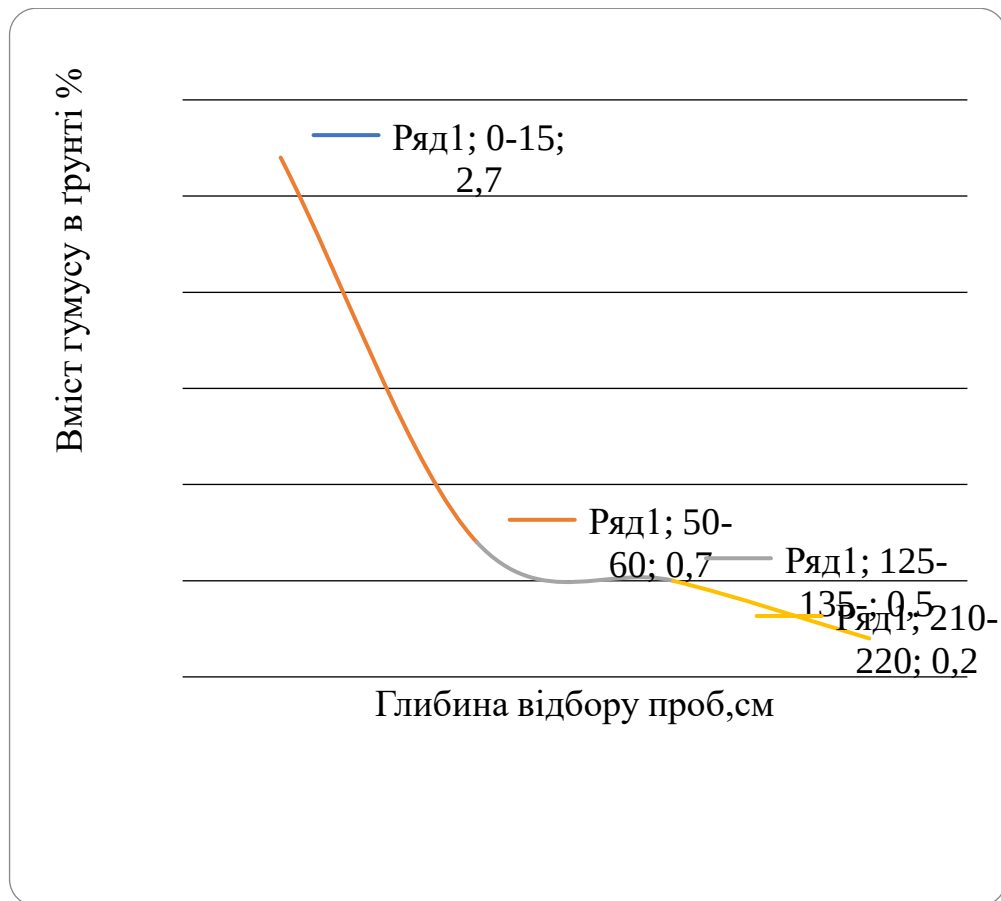


Рисунок 2.4 – Розподіл вмісту гумусу в сухуватому борі за глибиною ґрунтового профілю

З представленого рисунку видно, що зі збільшенням глибини відбору пробних зразків ґрунту вміст гумусу зменшується. Так, уміст гумусу в шарі ґрунту (1–15см) складає 2,7%, а в шарі (210–220см) – 0,2%. В роботі було досліджено вміст мікроелементів в ґрунтах біогеоценозів Присамарського стаціонара (табл. 2.4)

Таблиця 2.4 – Вміст мікроелементів в ґрунтах біогеоценозів Присамарського
стаціонару

Біогеоценоз	Тип ґрунту	Глибина відбору проб, см	Вміст мікроелементів в мг/кг					
			Mn	Cr	Ni	Mo	V	Cu
Різотравно-кострицево-ковилевий степ	Чернозем звичайний	0-10	491	140	36	1,6	50	8,8
		40-50	506	139	38	1,5	37	7,8
		80-90	321	156	34	1,6	32	6,1
		140-150	388	102	27	1,7	31	4,6
Суховатий бір	Дерново-борові ґрунти	1-15	234	22	21	0,8	11	1,2
		50-60	35	18	23	0,8	0,9	1,5
		125-135	71	25	27	0,8	4,5	0,6
		210-220	27	19	26	0,9	1,0	1,6

В ґрунтах досліджених біогеоценозів кількість марганцю варіює в межах від 27 до 506 мг/кг, вміст хрому – від 18 до 156 мг/кг, нікелю – від 21 до 38 мг/кг, вміст молібдену – від 0,8 до 17 мг/ кг, ванадія – від 1 до 50 мг/кг, міді – від 0,6 до 8,8 мг/ кг.

Причому в чорноземі звичайному різотравно-кострицево-ковилевому степу вміст усіх мікроелементів більше, ніж в дерново-борових (суховатий бор), а саме в кореневонасиченому шарі ґрунти (0-50см) середній вміст марганцю різотравно-ковилевого степу складає 498,5мг/кг; хрому – 139,5 мг/кг; нікелю – 37мг/кг; молібдену – 1,55 мг/кг; ванадію – 43,5мг/кг; міді – 8,3мг/кг.

У кореневонасиченому шарі ґрунту суховатого бору середній вміст марганця складає 134,5 мг/кг; хрому – 20 мг/кг; нікелю – 22 мг/кг; молібдену – 0,8 мг/кг; ванадію – 5,95 мг/кг; міді – 1,35 мг/кг.

З отриманих результатів видно, що середній вміст марганця в різнотравно-кострицево-ковилевому степу в 3,7 раз більше, ніж у суховатому борі; хрому в 6,9 раз; нікелю в 1,7 раз; міді в 6,1 раз.

Отримані результати вмісту мікроелементів в ґрунтах різнотравно-кострицево-ковилевого степу представлено на рисунку 2.5

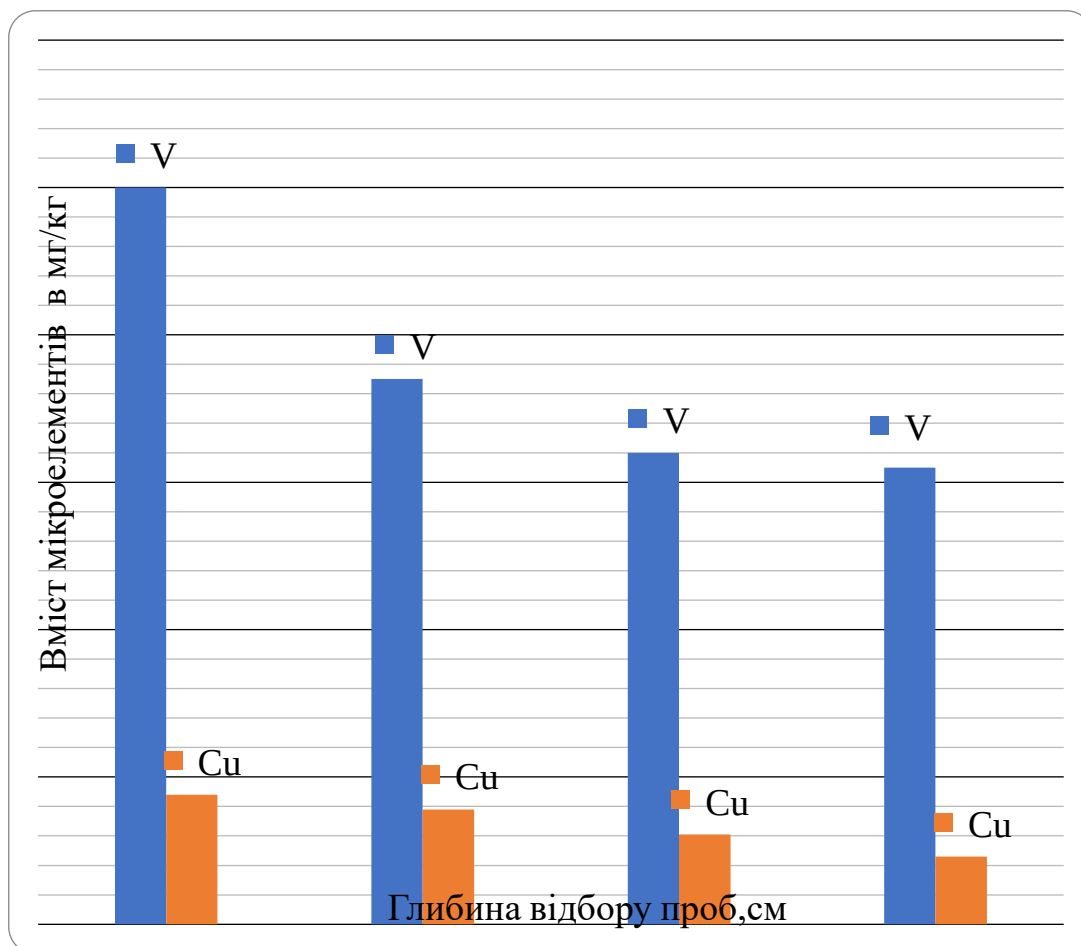


Рисунок 2.5 – Розподіл мікроелементів в чорноземі звичайному за глибиною ґрунтового профілю

З представленого рисунку видно, що зі збільшенням глибини відбору пробних зразків ґрунту, вміст мікроелементів зменшується. Так, в шарі ґрунту (0–10см), вміст ванадія складає 50мг/кг, а міді – 8,8мг/кг, а в шарі (140–150см) ванадій – 31мг/кг, а міді – 4,6 мг/кг.

Отримані результати вмісту мікроелементів в ґрунтах суховатого бору представлено на рисунку 2.6.

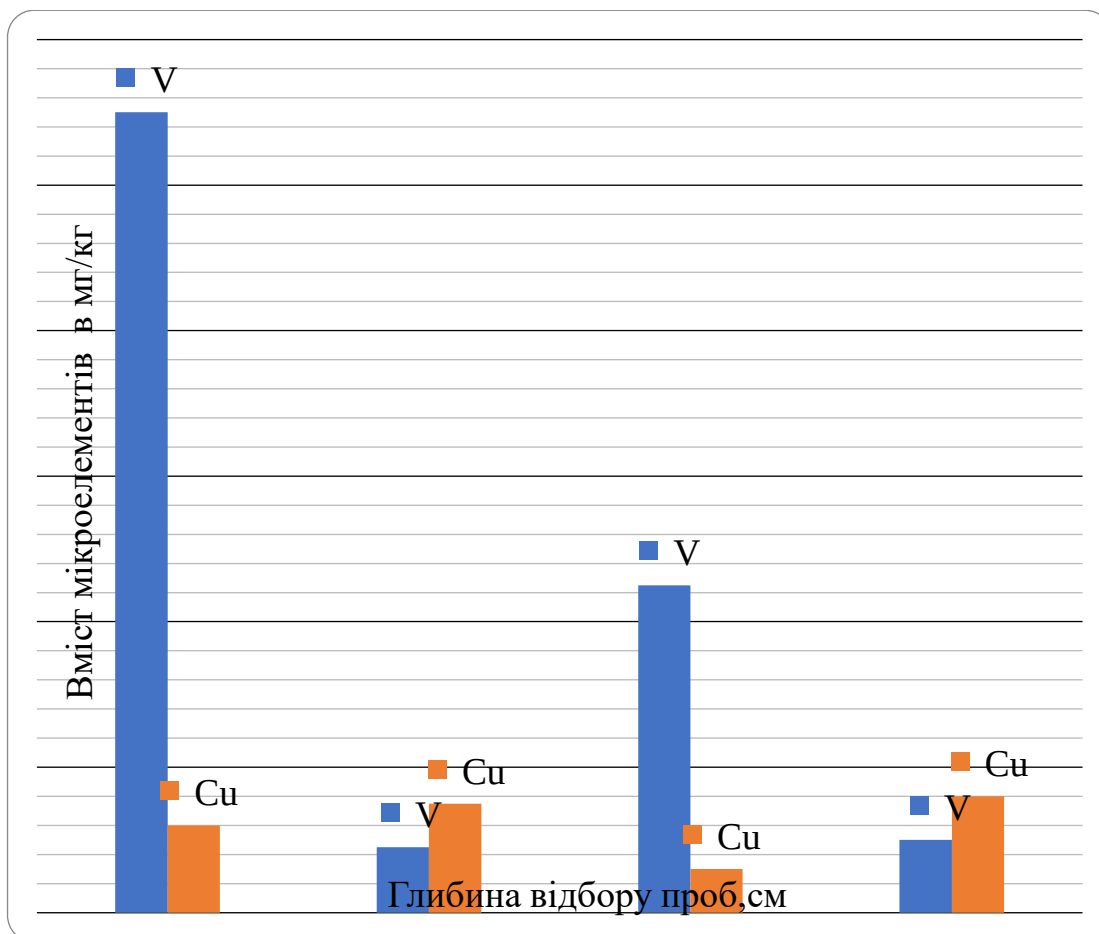


Рисунок 2.6 – Розподіл мікроелементів в дерново-борових, за глибиною ґрунтового профілю

З рисунку видно, що зі збільшенням глибини відбору пробних зразків ґрунту, вміст мікроелементів. Так, в шарі ґрунту (1–15 см) вміст ванадію складає 11 мг/кг, а міді – 1,2 мг/кг, а в шарі (210–220 см) ванадія – 1,0 мг/кг, а у міді – 1,6 мг/кг збільшується.

Оцінка ступеня нагромадження важких металів в ґрунтах.

Коефіцієнт співвідношення ґрунт-ґрунтова порода:

$$K_{сгг} = \frac{C_g}{C_{гп}} \quad (2.1)$$

де C_g – концентрація забруднюючої речовини в шарі ґрунту (0–10 см);

$C_{гп}$ – концентрація забруднюючої речовини у ґрунтоутворюючій породі.

Розрахуємо коефіцієнт співвідношення ґрунт – ґрунтова порода для досліджуваних мікроелементів за даними таблиці 2.4. Отримані результати розрахунків зведемо до таблиці 2.5

Таблиця 2.5 – Ступень акумуляції мікроелементів у ґрунтовому профілю ($K_{\text{сгг}}$)

Біогеоценоз	Тип ґрунту	$K_{\text{сгг}}$ мікроелементів					
		Mn	Cr	Ni	Mo	V	Cu
Різотравно-кострицево-ковилевий степ	Чорнозем звичайний	1,3	1,4	1,3	0,9	1,6	1,9
Суховатий бір	Дерново-борові ґрунти	8,7	1,2	0,8	0,9	11	0,8

З отриманих результатів видно, що у чорноземі звичайному коефіцієнт співвідношення марганцю, хрому, нікелю, ванадію та міді $K_{\text{сгг}} > 1$, тобто зазначені мікроелементи накопичуються у верхньому гумусном горизонті, а молібден $K_{\text{сгг}} < 1$ – вилуговується (вимивається).

Проте, у дерново-борових ґрунтах коефіцієнт співвідношення вмісту марганцю, хрому та ванадію $K_{\text{сгг}} > 1$, тобто робимо висновок про накопичення цих мікроелементів у верхньому гумусном горизонті; никель, молібден та мідь $K_{\text{сгг}} < 1$, навпаки вилужуються.

8.1.2.4 Кореляційний зв'язок важких металів з механічним складом і органічною речовиною ґрунту

При проведенні кореляційного аналізу досліджено взаємозв'язок мікроелементів (важких металів) з фракцією фізичної глини і кількістю гумусу в ґрунтах лісових біогеоценозів Присамар'я на Дніпропетровщині.

Ґрунт, як структурний компонент біогеоценозу, є складною гетерогенною системою, де вміст мікроелементів взаємнообумовлений рядом чинників. Відомо, що такими чинниками є: ґрунтоутворююча порода, вміст органічної речовини в ґрунті, кислотність ґрунтового розчину, ґрунтово-поглинаючий комплекс, а також антропогенні і природні процеси (біогенна міграція мікроелементів за ґрунтовим профілем, механічна денудація, ліссиваж та ін.). У зв'язку з цим взаємозалежність важких металів і окремих показників ґрунтів може бути виражена кореляційно [309].

В роботі експериментально отримані результати статистично оброблені, розраховані коефіцієнти кореляції мікроелементів (важких металів) із вмістом гумусу та гранулометричним складом ґрунтів.

Результати статистичної обробки експериментального матеріалу приведені в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Показники коефіцієнтів кореляції (механічний склад – гумус – мікроелементи) і рівняння регресії

Корелюючі величини	Показники кореляції	Mn	Cr	Ni	Mo	V	Cu
Мікро-елементи і	r	0,75	0,40	0,11	0,47	0,37	0,13
гумус	рівняння регресії	$y=78x+70$			$y=0,03x+1,2$		
Мікро-елементи і	r	0,34	0,02	0,6	0,2	0,5	0,35
фізична глина	рівняння регресії			$y=25+0,2x$		$y=8+0,5x$	

У таблиці наведена визначена кількісна кореляційна залежність відбита рівняннями регресії. За незалежну змінну x прийнятий вміст загального гумусу і фізичної глини у відсотках, а за y – вміст мікроелементів (мг/кг абсолютно сухого ґрунту).

Встановлені величини коефіцієнтів кореляції показали наявність математично доведеного зв'язку вмісту марганцю, молібдену з гумусом ґрунту, а також вміст нікелю і ванадію з вмістом фізичної глини. З чого видно, що одним з чинників, що визначає знаходження нікелю і ванадію в ґрунтах являється механічний склад. Вміст нікелю та ванадію не корелює з гумусом, відповідні « r » низькі. Не відмічена істотна кореляція хрому, міді, молібдену і марганцю з механічним складом. Відсутність кореляції молібдену і марганцю з фракцією фізичної глини і наявність тісного достовірного зв'язку з гумусом дають можливість зв'язати їх знаходження в ґрунтах з біогенною акумуляцією.

ВИСНОВКИ

В ході виконання роботи були проведені дослідження та отриманні результати, стосовно яких можна зробити наступні висновки:

Проаналізовано відомості про вміст важких металів у ґрунтах, біологічну роль мікроелементів, фізико-хімічні властивості ґрунтів. Статистичні методи отриманих результатів детально описані, представлена характеристика кореляційного та регресійного аналізів, що безпосередньо використовувались в даній роботі.

Об'єктом дослідження вситупили ґрунти степового біогеоценозу різнотравно-кострицево-ковилевого степу та ґрунти суховатого бору. Основними методами дослідження в роботі були: біогеоценетичний метод, атомно- абсорбційний метод вивчання вмісту мікроелементів в ґрунті. Гумус вивчався за методом І.В. Тюріна, гранулометричний складу за методом Н.А. Качинського.

Наведено дані вмісту мікроелементів у валовій формі в кореневонасиченому шару ґрунту (0–50см), проаналізовано гранулометричний

склад ґрунтів різнотравно-кострицево-ковилевого степу та суховатого бору, визначено вміст гумусу в ґрунтах досліджуваних біогеоценозів.

Вміст фракції фізичної глини в ґрунтах досліджуваних біогеоценозах склав від 5,5 до 60,6 %. В чорноземі звичайному вміст фракції фізичної глини знижується по горизонтам, в поверхневому шарі він складає 60,6 %; в горизонті 0–50 см – 60,1 %; в горизонті 80–90 см – 57,1%; в горизонті 140 – 150 см - 51,1%.

В дерново-борових ґрунтах вміст фракції фізичної глини варіює в межах від 5,5 до 14,0 %. В поверхневому шарі він дорівнює – 8,4%; і в горизонті 50 – 60 см – 5,5%; в горизонті 125–135 см – 14,0% ; в горизонті 210– 20 см – 5,6%.

В кореневонасиченому шарі ґрунту (0–50 см) середній вміст фракції фізичної глини (частки розміром <0,01 мм) в різнотравно-кострицево-ковилевому степу складає 60,35% , а в суховатому борі 6,95%.

З отриманих результатів видно, що середній вміст фракції фізичної глини в різнотравно-типчаково-ковилевому степу в 8,68 раз більше, ніж в дослідженому біогеоценозі суховатому борі.

В ґрунтах досліджених біогеоценозів вміст гумусу варіює від 0,2 до 6,1 %, причому в різнотравно-кострицево-ковилевому степу – від 2,2 до 6,1%, суховатому борі – від 0,2 до 2,7%. В чорноземі звичайному вміст гумусу складає – 4,6–6,1%, а в дерново-борових ґрунтах – 0,5–2,7%.

В кореневонасиченому шарі ґрунту (0–50 см) середній вміст гумусу різнотравно-кострицево-ковилевого степу складає 5,35%, а в ґрунтах суховатого бору 1,6%.

З отриманих результатів видно, що середній вміст гумусу в шарі ґрунту (0–50 см) різнотравно-кострицево-ковилевого степу в 1,2 раза більше, ніж у суховатому борі.

В ґрунтах досліджених біогеоценозів кількість марганцю варіює в межах від 27 до 506 мг/кг, вміст хрому – від 18 до 156 мг/кг, нікелю – від 21 до 38 мг/кг, молібдену – від 0,8 до 17 мг/ кг, ванадію – від 1 до 50 мг/кг, міді – від 0,6 до 8,8 мг/ кг.

Причому в чорнозему звичайному різнотравно-кострицево-ковилевому степу кількість усіх мікроелементів більше, ніж в дерново-борових ґрунтах (суховатий бор), а саме в кореневонасиченому шарі ґрунту (0–50см) середній вміст марганцю різнотравно-ковилевого степу складає 498,5мг/кг; хрома – 139,5 мг/кг; нікеля – 37мг/кг; молібдена – 1,55 мг/кг; ванадія – 43,5мг/кг; міді – 8,3мг/кг.

А в кореневонасиченому шарі ґрунту суховатого бору середній вміст марганця складає 134,5 мг/кг; хрома – 20 мг/кг; нікеля – 22 мг/кг; молібдена – 0,8 мг/кг; ванадія – 5,95 мг/кг; міді – 1,35 мг/кг.

З отриманих результатів видно, що середній вміст марганця в різнотравно-кострицево-ковилевому степу в 3,7 раз більше, ніж у суховатому борі; хрому в 6,9 раз; нікеля в 1,7 раз; міді в 6,1 раз.

Встановлені величини коефіцієнтів кореляції показали наявність математично доведеного зв'язку вмісту марганцю, молібдену з гумусом ґрунту, а також вмісту нікелю та ванадію зі вмістом фізичної глини. Одним з чинників, що визначає знаходження нікелю і ванадію в ґрунтах являється механічний склад. Вміст нікелю, ванадію не корелює з гумусом, відповідні "r" низькі. Не відмічена істотна кореляція хрому, міді молібдену і марганцю з механічним складом. Відсутність кореляції молібдену і марганцю з фракцією фізичної глини і наявність тісного достовірного зв'язку з гумусом дають можливість зв'язати їх знаходження в ґрунтах з біогенною акумуляцією.