

УДК 502.2:001.991.5:712.2

Г. В. ТІТЕНКО, канд. геогр. наук, доц., **А. А. КЛЄШ**

Харківський національний університет ім. В. Н. Каразіна

м. Харків, м. Свободи, 6, 61022,

titenko555@gmail.com, klewnastya@gmail.com

ОСОБЛИВОСТІ ГЕОХІМІЧНОЇ МІГРАЦІЇ ЕЛЕМЕНТІВ ТА СПОЛУК У ПРИРОДНИХ ТА ПРИРОДНО-АНТРОПОГЕННИХ КОМПЛЕКСАХ РІЧКОВОЇ ДОЛИНИ р. ЛОПАНЬ

Визначено, що ґрунтовий покрив річкової долини Лопані характеризується суттєвим перетворенням головних хімічних, фізико-хімічних властивостей ґрунтів та гумусового стану, що відбивається на головних напрямках та інтенсивності геохімічної міграції хімічних елементів. У річковій долині Лопані є ознаки формування нового техногенного фізико-хімічного лужного геохімічного бар'єру у супераквальних та елювіально-аккумулятивних ландшафтах (заплави та надзаплавних терас р.Лопань), який сприяє інтенсифікації поверхневого накопичення хімічних елементів та гальмуванню процесів вертикальної та горизонтальної міграції. Встановлено, що на більшій частині дослідженої долини підлучення поверхневого шару міських ґрунтів призводить до зменшення міграційної здатності різноманітних забруднюючих речовин, у тому числі важких металів.

Ключові слова: геохімічна міграція елементів, ґрунтовий покрив, геохімічні бар'єри, міські ґрунти

Titenko G., Klesch A. PECULIARITIES OF GEOCHEMICAL MIGRATION OF ELEMENTS AND COMPOUNDS IN NATURAL AND NATURAL-ANTHROPOGENIC COMPLEXES OF RIVER LOPAN

It was determined that the soil cover of the river valley is characterized by a significant transformation of basic chemical, physical-chemical properties of soil and humus condition that affects the main areas and the intensity of the geochemical migration of chemical elements. In the river valley Lopan there are signs formation of a new man-made physical-chemical alkaline geochemical barrier in supraequal and eluvial-accumulative landscapes (floodplain and floodplain terraces r.Lopan), which contributes to the intensification of surface accumulation of chemical elements and braking processes of vertical and horizontal migration. It is established that the most of the investigated valley alkalization urban soil surface layer reduces the migration ability of various contaminants, including heavy metals.

Keywords: Geochemical migration of elements, the soil cover, geochemical barriers, urban soil

Титенко А. В., Клещ А. А. ОСОБЕННОСТИ ГЕОХИМИЧЕСКОЙ МИГРАЦИИ ЭЛЕМЕНТОВ И СОЕДИНЕНИЙ В ПРИРОДНЫХ И ПРИРОДНО-АНТРОПОГЕННЫХ КОМПЛЕКСАХ РЕЧНОЙ ДОЛИНЫ р. ЛОПАНЬ

Определено, что почвенный покров речной долины Лопани характеризуется существенным преобразованием основных химических, физико-химических свойств почв и гумусового состояния, что отражается на главных направлениях и интенсивности геохимической миграции химических элементов. В речной долине Лопани есть признаки формирования нового техногенного физико-химического щелочного геохимического барьера в супераквальных и элювиально-аккумулятивных ландшафтах (поймы и надпойменных террас р.Лопань), который способствует интенсификации поверхностного накопления химических элементов и торможению процессов вертикальной и горизонтальной миграции. Установлено, что на большей части исследованной долины подщелачивание поверхностного слоя городских почв приводит к уменьшению миграционной способности различных загрязняющих веществ, в том числе тяжелых металлов.

Ключевые слова: геохимическая миграция элементов, почвенный покров, геохимические барьеры, городские почвы

Вступ

Дослідження зовнішніх (ландшафтно-геохімічних) факторів міграції елементів є фундаментом існуючих сучасних геохімічних класифікацій ландшафтів (А. І. Перельмана, М. А. Глазовської, В. А. Алексеєнка, А. Г. Ісаченка, Г. І. Денисика, Л. Л. Малишевої).

При цьому, єдиним для всіх класифікацій є те, що на певних таксономічних рівнях обов'язково враховуються особливості міграції хімічних елементів у ґрунтах. У ґрунтах природних та природно-антропогенних ландшафтів спостерігається найбільша інтенсивність геохімічних процесів, з максимумом у гумусовому горизонті, якій виступає своєрід-

ним геохімічним центром. З одного боку, у ґрунтах пов'язані міграційні потоки природної і техногенної міграції елементів, а з іншого ґрунти знаходяться на перетині міграційних потоків від корінних порід, ґрунтових вод, приземної атмосфери та живих організмів [1].

Геохімічна класифікація ландшафтів України, яка розроблена у межах ландшафтно-геохімічного аналізу і оцінки ландшафтів Л. Л. Малишевою [2], також ґрунтується на визначенні певних властивостей ґрунтового покриву. За Л. Л. Малишевою (1997), всі таксоны геохімічної класифікації ландшафтів пов'язані з фізико-хімічними властивостями та хімічним складом гумусового шару ґрунтів, який визначається як геохімічний центр ландшафтно-геохімічних систем. Чинниками ландшафтно-геохімічної диференціації території є: 1) хімічний склад рухомих і нерухомих елементів у верхньому гумусовому шарі ґрунтів; 2) мінералогічний склад ґрунтів і ґрунтоутворюючих порід; 3) їх фізичні властивості. Гумусовий шар розглядається як індикатор, що відбиває просто-

рону диференціацію хімічного складу і фізико-хімічних властивостей ландшафтно-геохімічних, а властивості ґрунту є похідною від усіх процесів, які тривають в ландшафті, певним усередненням хімічного складу всіх його компонентів. Зокрема, гумусовий горизонт є ареною дії різноманітних геохімічних агентів, у ньому сконцентрована більшість геохімічних процесів, його властивості є головним чинником усіх видів міграції речовин [2].

Здійснення ландшафтно-геохімічної оцінки екологічного стану міст [3], не передбачає суворої формалізації набору показників щодо оцінки ґрунтів. Передусім вона залежить від ландшафтно-геохімічних умов, від специфіки промислового виробництва, транспортного навантаження тощо.

Мета дослідження визначити особливості латеральної геохімічної міграції хімічних елементів та сполук у природних та природно-антропо-генних системах річкової долини (р. Лопань) з використанням експериментальних даних обстеження гумусового шару на модельних ділянках.

Методика дослідження

Методика ландшафтно-геохімічного аналізу територій [2] передбачає використання конкретизованого набору показників. Серед них: 1) хімічні властивості (рН ґрунтів, окисно-відновний потенціал, вміст та склад гумусу, мікро- та макроелементний склад, ємність катіонного обміну, карбонатність тощо); 2) мінералогічний склад (співвідношення монтморилоніту та вермикуліту до польового шпату та кварцу); 3) фізичні властивості (вміст мулуватої фракції).

Головними факторами, що зумовлюють характер міграційних процесів у ґрунтах є: кислотно-лужні умови, гумусний стан ґрунтів та здатність середовища міграції до поглинання та утримання елементів. Дане дослідження надає можливість охарактеризувати головні з цих факторів в умовах природних та природно-антропогенних комплексах річкової долини Лопані. Дослідна територія характеризується складною ландшафтною структурою, що обумовлено процесом освоєння корінних природно-територіальних комплексів басейну р. Лопань та формуванням природно-антропогенних комплексів м. Харкова.

Вибір модельних експериментальних ділянок ґрунтувався на закладенні рівномірної мережі пунктів дослідження, які були

визначені із врахуванням характеристик ландшафтно-геохімічної структури та охоплювали всі функціональні зони міста. Експериментальні ділянки розташовані у вузлах умовної регулярної решітки та знаходяться на відстані 2 км одна від одної. У басейні р. Лопань закладено 28 модельних ділянок: 22 – в межах міста, 6 – на територіях прилеглих до міста. Комплекс рекогносцувальних та польових робіт з дослідження та паспортизації експериментальних модельних ділянок проводився у період з червня по жовтень 2014 року.

Визначення важких металів виконано методом атомно-абсорбційної спектроскопії на приладі ААС-115 ПК. Визначення рН, обмінних Ca^{2+} та Mg^{2+} , рухомого К виконано за загальноприйнятими сертифікованими методиками. Визначення рН проводили на потенціометрі за допомогою електродів ЭВЛ-1М4 та ЭСЛ-15-11, з'єднаних з цифровим іонометром рН-150. Визначення вмісту Ca^{2+} у воді та сольовій витяжці проводили потенціометрично із застосуванням іоноселективного електрода. Вміст рухомих форм K^+ у ґрунті визначали аналогічно. Визначення Cl^- проводили на основі титрування Cl^- у кислому середовищі розчином азотнокислої ртуті в присутності діфенілкарбозону. Визначення карбонатів CO_3^{2-} та гідрокарбо-

натів HCO_3^- здійснювали методом двохетапного титрування сірчаною кислотою. Визначення вмісту Na^+ проводилось потенціометричним методом з застосуванням іонселективних електродів (ЭВЛ-1м4). Вміст водорозчинних мінеральних та органічних сполук у воді і водних витяжках з ґрунту вивчали методом вагового визначення сухо-

го залишку (термостат ТС-80, ваги ВЛА -200 гМ). Вміст гумусу досліджували за допомогою титрометричного методу визначення органічного вуглецю мокрим спаленням за Тюрнім. Хімічний аналіз проводився у лабораторії аналітичних екологічних досліджень екологічного факультету ХНУ імені В. Н. Каразіна.

Результати дослідження

Кислотно-лужні умови міграції хімічних елементів. Форми, у яких мігрує той чи інший елемент, а відповідно з цим й інтенсивність його міграції, тісно пов'язані з таким параметром середовища як рН. Реакція середовища є обов'язковим показником насамперед тому, що саме цей показник здебільшого характеризує міграційну спроможність різноманітних хімічних елементів і сполук. Так, стійкість комплексів, що утворюються при взаємодії гумусових речовин з іонами металів, залежить насамперед від рН і іонної сили. Ці ж умови визначають можливість зв'язування важких металів ґрунтом у цілому та окремими компонентами. Відомо, що збільшення рН від 4 до 5,5 веде до зростання сорбції цинку на гідроксидах заліза і алюмінію. При рН 7,5 розчинність цинку збільшується через утворення комплексів з органічною речовиною [4]. Таким чином, із зміною рН змінюється роль ґрунтових компонентів у сорбції важких металів.

Зміни рН середовища також впливають на життєдіяльність мікроорганізмів через активізування одних груп та пригнічення інших. Від концентрації водневих іонів залежить рівень ферментативної активності ґрунту, яка більшою мірою пов'язана з мікробіологічними процесами. Це, в свою чергу, не може не позначитися на відношенні швидкостей мінералізації, гуміфікації та темпах накопичення гумусу.

Відомо, що реакція ґрунтового середовища залежить від співвідношення в ній вільних іонів H^+ і OH^- і зумовлена спільною дією водно-розчинних речовин неорганічного (солей, кислот, основ) і органічного походження, колоїдів, специфічної і неспецифічної природи (гумінових і фульвокислот, щавлевої, лимонної, оцтової, мурашиної і ін.) кислот, а також глинястими мінералами. Крім того, на реакцію ґрунтового середовища впливають кореневі виділення рослин, що разом з органічними кислотами містять іони H^+ , OH^- ,

HCO_3^- , CO_3^{2-} [5]. Значним є внесок у формування реакції ґрунтового середовища продуктів метаболізму ґрунтових мікроорганізмів.

Реакція середовища також безпосередньо впливає на рухомість елементів. Однією з причин цього є те, що при підвищенні рН знижується окисно-відновний потенціал окислювальних реакцій, тобто при більш високих значеннях рН елемент може знаходитись в окисленому, а при більш низьких – у відновленому стані при тому ж самому значенні Eh середовища [6].

Як вказують окремі дослідники [7, 8] рухомість елементів, тобто їх здатність до міграції, найвища для Co, Cd, Mn, Fe, Ni, Zn у слабовідновних умовах (Eh становить близько +400 мВ), Cu - у окисних умовах (Eh сягає 700–800 мВ). Найнижчу рухомість усі перелічені елементи мають у сильно відновних умовах (при зниженні Eh до -50 – -150 мВ), а також в лужному середовищі (до $\text{pH} \approx 8,5 - 9$).

В кислому середовищі більшість катіоногенних елементів активно мігрує, в той час як підвищення рН призводить до різкого зниження інтенсивності їх міграції завдяки утворенню слабозчинних сполук цих елементів. рН осадження гідроксидів найчастіше наводиться як межа різкого зниження інтенсивності міграції елементу.

Для визначення лужно-кислотних умов міграції елементів у долині р. Лопань було проведено виміри рН водної та сольової витяжки [9] ґрунту.

Переважає більшість досліджених ґрунтів (за зразками з глибини 0 – 30 см) мають реакцію близьку до нейтральної та слаболужну (рис. 1) Досліджений поверхневий шар міських ґрунтів має доволі значну амплітуду коливання $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ – від 5,36 до 8,81. Середнє значення рН досліджених ґрунтів у долині р. Лопань – 7,33. Середньоквадратичне відхилення становить – 1,04, дисперсія – 1,08. Ґрунтотвірні породи у цьому районі (за даними ННЦ ІПА) мають здебільшого

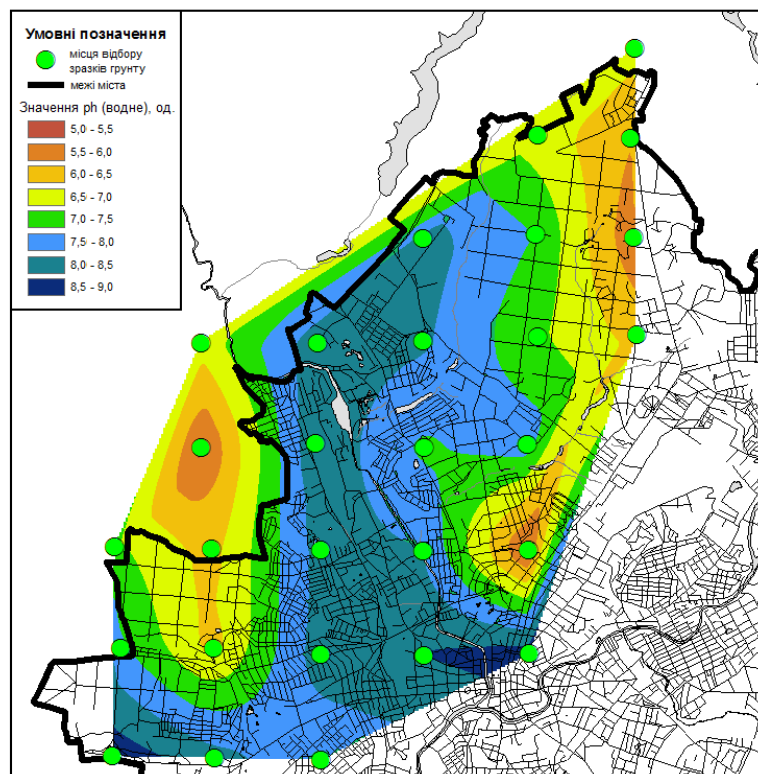


Рис.1 – Показники реакції поверхневого шару ґрунтів в басейні р.Лопань в межах м. Харків

слаболужну реакцію. Слід зазначити, за результатами агрохімічного обстеження ґрунтів Харківської області за період 2010 – 2013 рр. середнє значення рН ґрунтів області (в середньому, без розподілу на типи) –6,02; мінімум – 5,5; максимум – 6,6; середньоквадратичне відхилення – 1,68; дисперсія –0,06. Таким чином, з порівняння значень показника реакції середовища для ґрунтів Харківської області та м. Харкова (в долині р. Лопань), для останніх – наявні суттєві зміни у лужно-кислотному балансі зі здвигом у лужний бік.

В автоморфних ґрунтах полігона рН водної витяжки в першу чергу зумовлений вмістом іонів Ca^{2+} та HCO_3^- . В гідроморфних ґрунтах вплив водорозчинних солей на рН не такий однозначний, та на відміну від автоморфних ґрунтів, більш важливу роль грають іони Cl^- та Mg^{2+} . Зворотна залежність між вмістом водорозчинного карбонату кальцію та рН спостерігається в лучному ґрунті, який постійно підживлюється капілярною вологою майже до самої поверхні завдяки близькому розташуванню ґрунтових вод. Максимальний, в цілому для ландшафту, вміст водорозчинних карбонатів, в верхньому шарі цих ґрунтів пояснюється їх осадженням на випарувальному бар'єрі. Такого осадження не

спостерігається в лучно-чорноземному ґрунті, в якому ґрунтові води залягають значно глибше, та немає умов для випадіння карбонату кальцію.

Головним чином зона підлуження ґрунтів локалізована в центральній частині району досліджена, тобто приурочена до заплави та надзаплавних терас р.Лопань. Це територія щільної старої забудови різного функціонального призначення. Більшість дослідників пов'язують загальну тенденцію до підлуження міських ґрунтів з надходженням у складі викидів сполук, що містять карбонатний пил [10, 11, 12]. Тривалість та систематичність подібного забруднення зумовлюють стійкість тренду ґрунтів до підлуження.

Здобуті значення $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ та $\text{pH}(\text{KCl})$ свідчать про повсюдне підлуження міських ґрунтів, що, як відомо, у більшості випадків зумовлено присутністю карбонатів лужних та лужноземельних металів. Реальний внесок різних аніонів у формування лужності ґрунтів залежить як від константи основності, так і від концентрації цих іонів у ґрунтових витяжках. У міських ґрунтах з лужною реакцією домінують карбонати. Встановлено також, що $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ має достовірно тісну як негативну, так і позитивну кореляцію з гідрокарбона-

тами та завжди позитивну, і у ряді випадків тісну – з кальцієм.

Таким чином, можливе підкислення ґрунтів міських територій за рахунок інтенсивності викидів S_xO_y , NO_x та інших речовин, здатних впливати на величину кислотності ґрунтів, у районі не відбувається. Це може пояснюватися кількома обставинами. По-перше, під впливом осадків із великою кількістю розчиненої вуглекислоти у ґрунтах утворюються бікарбонати, які є гідролітично лужними солями. І саме вони можуть змінити реакцію ґрунтового середовища у лужний бік. По-друге, через атмосферний перенос підкислення ґрунтів у безпосередній близькості від джерела забруднення (до 1 – 1,5 км) не відбувається. По-третє, вільний кисень зв'язується ґрунтом, і його неможливо виявити, аналізуючи водну витяжку. Іони водню, що витягаються водною витяжкою, складають незначну частину всієї кількості водневих іонів ґрунту.

Явище майже повсюдного підлуження міських ґрунтів встановлено різними дослідниками для міст різної промислової спеціалізації та розташованих у різних природних зонах. Відзначається, що у ґрунтах, природні аналоги яких мають більш кислу реакцію, наприклад, дерново-підзолисті, ця закономірність є наочнішою, ніж у природно нейтральних ґрунтах, але процес підлуження притаманний і їм також.

Виявлена наявність техногенного лужного поверхневого геохімічного бар'єру створює ситуацію, за якої процеси поверхневого накопичення домінують і гальмують процеси вертикальної та горизонтальної міграції. Таким чином на більшій частині дослідженої долини підлуження поверхневих шарів міських ґрунтів призводить до зменшення міграційної здатності різноманітних забруднюючих речовин, у тому числі важких металів.

У різних ґрунтово-геохімічних асоціаціях (з кислими ґрунтами $pH < 5.5$, з слабкислими і нейтральними ґрунтами при $pH 5.5 - 7.5$, з лужними і сильнолужними ґрунтами при $pH 7.5 - 9.5$) суттєво відрізняється ступінь рухомості елементів. За даними [13] ступінь міграційної активності варіює від практично нерухомих в лужних та сильнолужних умовах Pb, Ba, Co, до слабкорухомих в цих же умовах Zn, Ag, Sr, Cu, Cd та до рухомих Mo^{6+} , V^{6+} , As^{5+} , S^{6+} .

Окисно-відновні умови оцінювались на підставі оцінювання непрямих показників. Автоморфні ґрунти лісостепу мають переважно окисні умови середовища, в той час, як

гідроморфні ґрунти заплави формуються при постійному чи спорадичному пануванні відновних умов, на що вказують ознаки оглеєння, які проявляються у лучних та лучно-болотних ґрунтах полігона у вигляді сизувато-чорного забарвлення, іржаво-вохристих плям та вуглистих зерняток двохвалентного марганцю. Згідно [14] окисно-відновний потенціал ґрунту безпосередньо залежить (в порядку зниження значущості фактору) від: 1) режиму зволоження; 2) кількості органічної речовини, що розкладається, та її речовинного складу; 3) мікробіологічної активності; 4) аерації ґрунту, яка зумовлена його щільністю.

В свою чергу, виникнення відновних умов в автоморфних ґрунтах лісостепу можливе за умов спорадичного перезволоження у ранне-весняний період. Найнижчі значення Eh для ґрунтів лісостепової зони спостерігаються у весняний період, завдяки створенню сприятливих умов для розвитку анаеробних біохімічних процесів та високій вологості ґрунту.

Заміна окисно-відновних умов в ландшафті відбувається як у просторі (від окисних у ґрунтах елювіальних та транселювіальних ландшафтів, до слабккислих у супераквальному і відновних у аквальному ландшафтах) так і у часі – від слабккислих у ранньовесняний період до окисних в інші пори року. Такі умови сприяють виникненню двостороннього глейово-кисневого геохімічного бар'єру на межі контакту кисневих поверхневих та ґрунтових вод схилів та глейових вод заплавлених ґрунтів та осадженню марганцю у верхніх горизонтах автоморфних ґрунтів на кисневому бар'єрі.

Рухомість хімічних елементів обумовлена геохімічними умовами, які склалися у природних та природно-антропогенних комплексах річкової долини. Так, pH осадження гідроксидів важких металів зростає у ряду: $Fe^{3+} \ll Fe^{2+} < Cu < Zn < Ni < Co = Pb < Mn < Cd$. Якщо припустити модельну систему, в якій важкі метали присутні лише у вигляді простих сполук, та відсутнє їх фізико-хімічне поглинання, тобто зводячи всі процеси до хімічного осадження-розчинення, то в умовах досліджених природних та природно-антропогенних, тобто при середній глибині залягання лужного бар'єру більшій ніж 50 см та середньому pH 50ти сантиметрового шару ґрунту, що дорівнює 6,6-7,2, можливість осадження на лужному бар'єрі зберігається головним чином для Ni, Co, Pb та Cd, а у відновних умовах - ще й Mn, оскільки Fe, Cu, Cr та більша частина Zn буде осаджуватись в верх-

ніх шарах ґрунту. Теоретично при величинах рН, визначених у ґрунтах, що досліджуються, важкі метали (відповідно, якщо існування іону можливе при існуючому ОБП) за ступенем рухомості можна поділити на: 1) нерухомі: Fe³⁺; 2) слабрухомі: Cu²⁺; Zn²⁺; Ni²⁺ (рухомість зменшується в ряду: Ni²⁺>Zn²⁺>Cu²⁺); 3) рухомі в орному шарі та вилуженій від карбонатів частині профілю: Pb²⁺; Co²⁺; 4) рухомі за усім профілем: Fe²⁺; Mn²⁺; Cd²⁺ (рухомість зменшується в ряду: Fe²⁺> Mn²⁺> Cd²⁺).

Зміна рН від нейтральної до слаболужної на нижній межі ґрунтового профілю автоморфних ґрунтів сприяє виникненню лужного бар'єру. Тобто ґрунотвірні породи, які мають рН близько 8, є лужним бар'єром майже для всіх вказаних елементів, лише Cd²⁺ осадження гідроксидів якого відбувається в межах рН 8-9,5 теоретично може зберігатися в цих породах деяку рухомість.

У слабовідновних умовах заплави можливе значне підвищення рухомості таких елементів як Mn та Fe, завдяки декілька нижчих значень рН. Однак при Eh≥200 мВ майже весь Fe²⁺, що утворюється окислюється Mn²⁺ до

Fe³⁺ [14]. Саме тому, рухомість заліза у слабовідновних умовах невелика. Також у гідроморфних ґрунтах заплави більш рухомі ніж у схилових ґрунтах такі елементи як Cd, Co, Pb, Ni та Zn.

Отже, умови міграції хімічних елементів у річковій долині Лопані слабконтрастні за профілем ґрунтів, та за поверхнею (за рН та за вмістом гумусу) (рис. 2).

Вміст гумусу як умова міграції хімічних елементів. Основні показники гумусового стану ґрунтів належать до числа консервативних властивостей ґрунту, кількісні характеристики яких формуються тривалий час і настільки ж довго зберігаються. Однак вплив урбанізації на ґрунти є настільки інтенсивним та тривалим, що відбуваються зміни і найбільш стійких властивостей.

Хімічні забруднення, впливаючи на склад і властивості гумусових речовин, можуть призводити до порушень екологічної рівноваги в біогеоценозах. Внаслідок промислового, побутового та інших видів забруднення в місті, запас органічних залишків

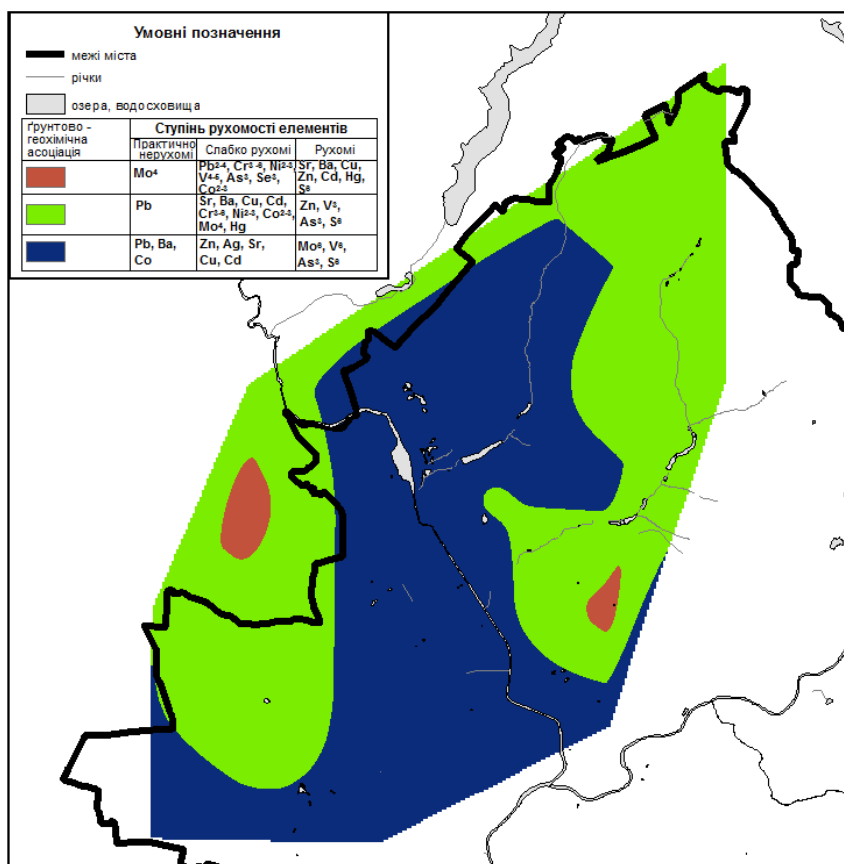


Рис. 2 – Потенційна інтенсивність геохімічної міграції хімічних елементів у долині р. Лопань (у залежності від показника рН) в межах м. Харків

може як збільшуватися – в разі пригнічення мікробіологічної активності, так і зменшуватися – через різке падіння продуктивності фітоценозів. Відповідно запаси гумусу також неоднозначно реагують на урбогенне забруднення різного складу та інтенсивності.

Вміст органічної речовини ($C_{\text{орг}},\%$) у ґрунтах залежить як від збагаченості органічною речовиною субстрату, на якому формувався ґрунт, так і від використання органічних та мінеральних добрив (газони, сквери, сади) та кількісного і якісного складу забруднювачів.

У міських ґрунтах, як правило, кількість органічних речовин вища, ніж у фонових і сягає, особливо у ґрунтах старої забудови, 8-12% [15, 16].

Унаслідок промислового, побутового та інших видів забруднення в місті, запас органічних залишків може як збільшуватися – в

разі пригнічення мікробіологічної активності, так і зменшуватися – внаслідок різкого падіння продуктивності фітоценозів. Відповідно запаси гумусу також неоднозначно реагують на урбогенне забруднення різного складу та інтенсивності.

Вміст гумусу в ґрунтах Харківської області за даними обстежень 2010-2013 рр. коливається в межах 3,4 – 4,9 %; середнє значення – 4,2; стандартне відхилення – 4,3 та дисперсія 0,17.

Проведені нами дослідження вмісту гумусу (за Тюриним) в поверхневих зразках ґрунтів долини р. Лопань (в межах Харкова) показали, що діапазон коливання значень від 0,2 до 3,55%, при середньому 2,19%, стандартному відхиленні 0,82 та дисперсії 0,68.

У просторовому розподілі вмісту органічної речовини виявляються певні тенденції (рис. 3):

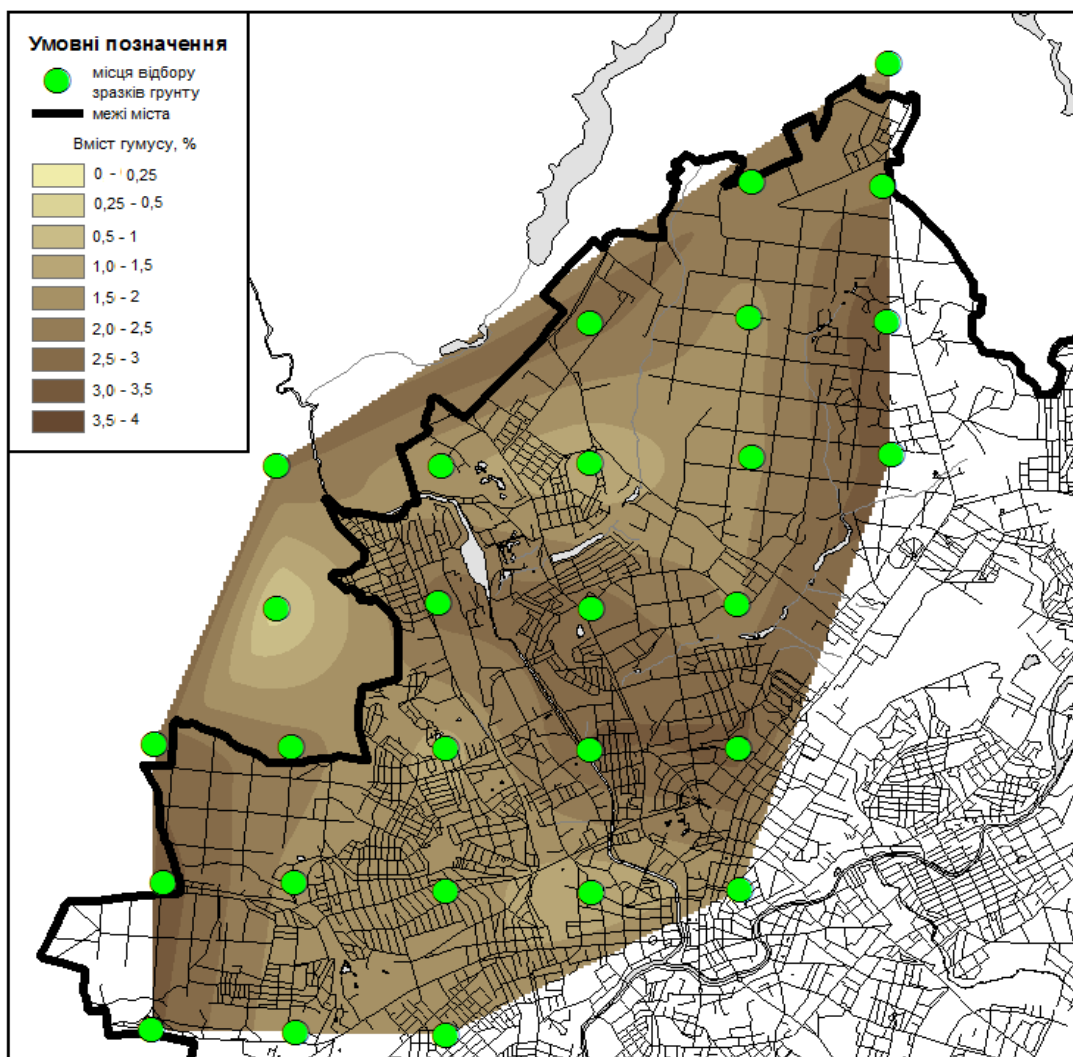


Рис. 3 – Вміст гумусу (%) у поверхневому шарі ґрунтів в басейні р.Лопань в межах м. Харків

- максимальні значення показнику валового вмісту гумусу спостерігаються на заплаві р.Лопань та на лесових терасах лівого берегу, які мають високий рівень урбогенного навантаження та переважно зайняті старою житловою забудовою (до 5 поверхів) та приватною житловою забудовою. Вміст гумусу на цих ділянках коливається від 2,78 до 3,55%, при середньому вмісті 3,2, який можна оцінювати як відносно високий. Максимальна кількість вмісту органічного вуглецю спостерігається у ґрунтах 5-поверхової старої житлової забудови;

- у промисловій зоні, навпаки, мають місце найменші у районі значення даного показника. В пробах, відібраних на цій території, поза межами промислових підприємств та на промислових майданчиках, кількість гумусу не перевищує 1,51% (мінімальне значення 0.2%). Такий вміст гумусу (<2%) можна класифікувати як дуже низький;

- райони багатоповерхової (понад 5 поверхів) забудови є осередками локального зменшення вмісту гумусу, що пояснюється легким механічним складом (з переважанням крупного та середнього піску) цих ґрунтів;

- більша частина приватного сектора характеризується середніми значеннями вмісту гумусу.

Для пояснення значних розбіжностей у значеннях консервативних ознак ґрунту необхідно проаналізувати основні причини втрат гумусу. По-перше, це, безумовно, ерозійні втрати гумусу, втрати за рахунок зменшення опаду та, по друге, це в даному випадку, розкладання і біодеградація гумусу під впливом фізіологічних лужних опадів і активізація мікрофлори внаслідок надмірного надходження хімічних каталізаторів. Безперечно, що вміст гумусу є чинником, що обумовлює напрям та інтенсивність міграції хімічних елементів. При цьому ґрунти з надзвичайно з низьким вмістом гумусу та, відповідно, низькою буферністю є майже «прозорими» для надходження забруднюючих речовин, й це може створити серйозну загрозу не тільки ґрунтовій рівновазі, а й стану і рівновазі природних та природно-антропогенних комплексів.

Вміст основних іонів. Вміст катіонів Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ у ґрунтах річкової долини р. Лопань в середньому є природним для зональних чорноземів типових. Аналізуючи аніонний склад ґрунтів, спостерігаємо, що концентрація Cl^- іонів (рис. 4) змінюється від 0,2 до 4,6 мг/100 г і досить вагомо відхиляється від параметрів, що характеризують властивості природних ґрунтів.

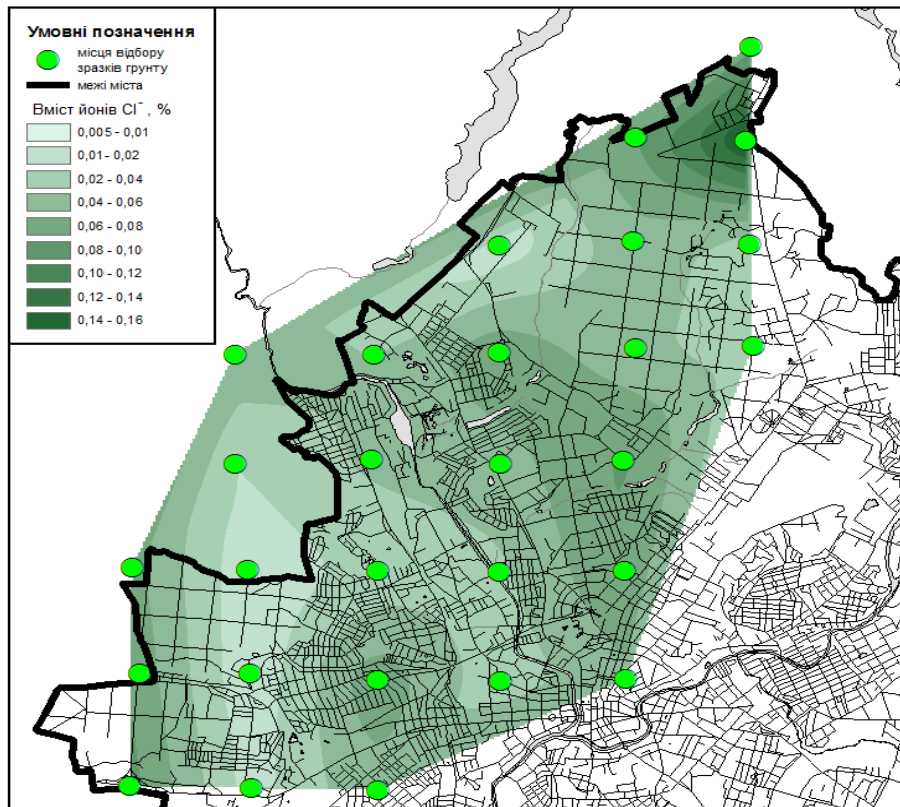


Рис. 4 – Вміст хлорид-іонів у поверхневому шарі ґрунтів в басейні р.Лопань в межах м. Харків

Співвідношення у міських ґрунтах обмінних катіонів у ґрунтовому розчині є досить специфічним. Міські ґрунти мають велику кількість обмінних катіонів, серед яких переважає кальцій – до 5 разів вище, ніж у фонових ґрунтах. Вміст обмінного маґнію декілька нижчий, але його перевищення над фоновим є суттєвим і становить 2 – 3 місцевих кларки. Все це свідчить про високий ступінь насиченості поглинального комплексу міських ґрунтів іонами лужноземельних елементів. Порівняно з фоновими ґрунтами у міських значно збільшується ємність поглинання, що свідчить про їх високу сорбційну здатність до різноманітних забруднювачів.

Солонцюватість, наявність якої у міських ґрунтах відзначають багато дослідників [15, 16], не виявлена. У поверхневому горизонті ґрунтів долини р.Лопань не спостерігається засолення хлоридно-натрієвими солями, як у більшості обстежених великих міст. Вважаємо, що це пояснюється тривалим використанням у Харкові серед заходів проти ожеледиці піску замість піщано-сольової суміші, що використовується у інших містах.

При вивченні особливостей міграції хімічних елементів в межах річкової долини Лопані було зроблено спробу визначити ділянки різкої зміни умов міграції елементів (зміни геохімічних обстановок) та ідентифікувати латеральні та радіальні геохімічні бар'єри.

Серед головних кількісних характеристик геохімічних бар'єрів (за А.І. Перельманом) виділяють контрастність бар'єру S , яка визначається як [17]

$$S = m_1 / m_2, \quad (1)$$

де: m_1 – значення показнику, який визначає зміни геохімічної обстановки на бар'єрі (рН, Eh, температура, тиск та ін.), зафіксоване в міграційному потоці перед бар'єром;

m_2 , – значення цього ж показнику після бар'єру.

Як правило, інтенсивність накопичення хімічних елементів (їх сполук) посилюється зі зростанням контрастності геохімічних бар'єрів. При цьому для концентрації будь-якого елементу на бар'єрі не обов'язковий його високий вміст у міграційному потоці.

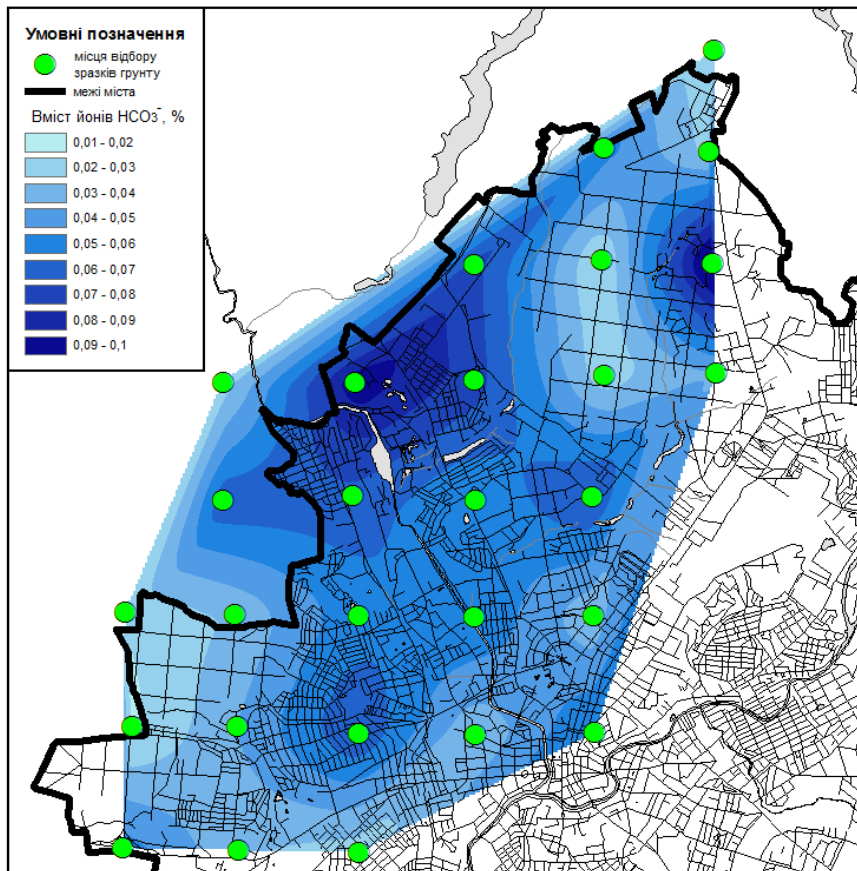
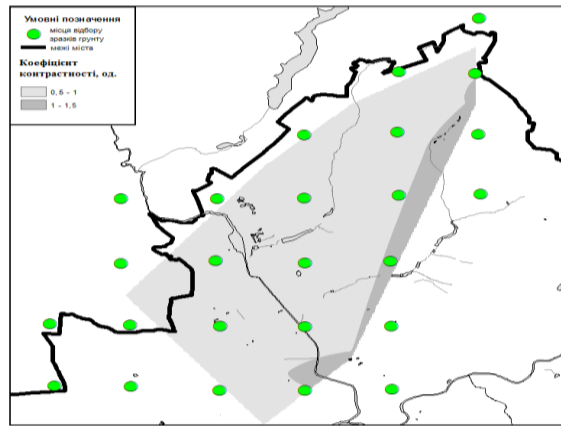
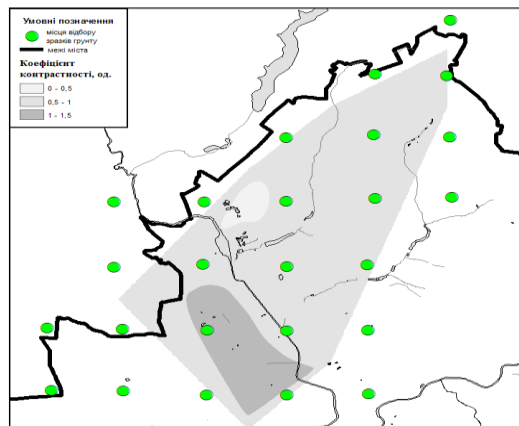


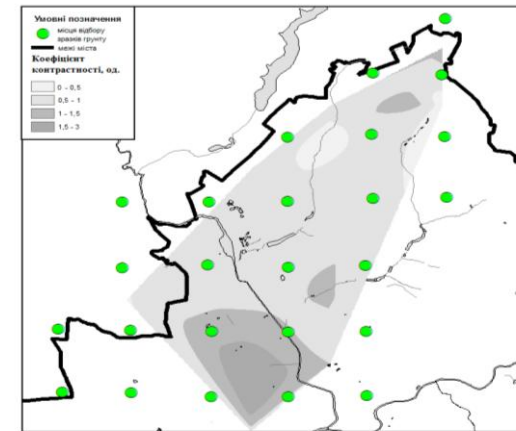
Рис. 5 – Вміст гідрокарбонат-іонів у поверхневому шарі ґрунтів в басейні р.Лопань в межах м. Харків



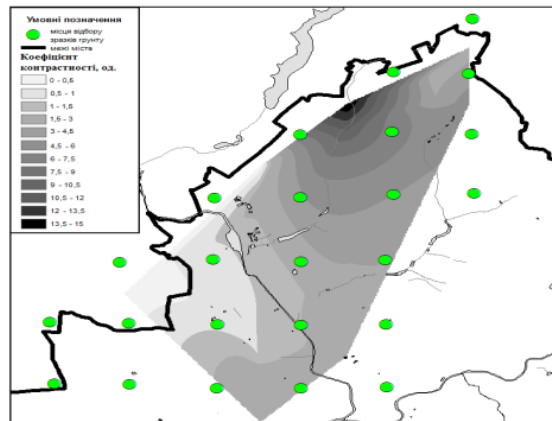
а – за показником рН_{Н2О}



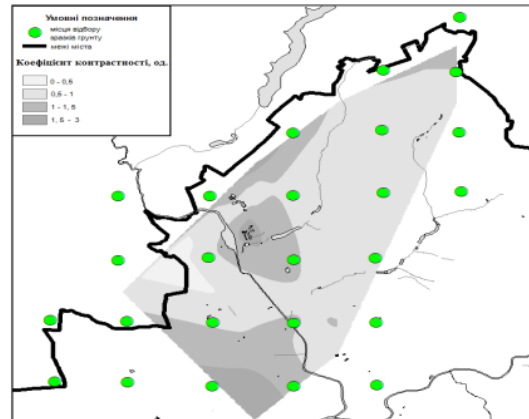
б – за показником рН_{КСІ}



в – за показником вмісту гідрокарбонат - іонів



г - за показником вмісту іонів хлору



д – за показником вмісту гумусу

Рис. 6 – Контрастність потенційних латеральних геохімічних бар'єрів в басейні р.Лопань в межах м. Харків

Контрастність потенційних геохімічних бар'єрів було змодельовано за допомогою детермінованого методу (Natural Neighbor) у середовищі ArcGis.

Інтерполяцію здійснено за показниками рН(H₂O), рН(KCl), вміст гумусу, вміст HCO³⁻ – іонів та СГ іонів (рис. 6 – а, б, в, г, д).

Аналіз контрастності потенційних латеральних геохімічних бар'єрів в басейні р.Лопань в межах м. Харків свідчить про досить низький рівень відносної просторової контрастності. На заплаві р. Лопань за вмістом гумусу, показником вмісту гідрокарбо-

нат-іонів (рис. 5) та хлорид-іонів спостерігається контрастність до 2 разів, що показує відсутність чітко виражених латеральних геохімічних бар'єрів за цими показниками. Найвищі показники контрастності за показником вмісту хлорид-іонів (від 2 до 15 разів) були виявлені на межиріччі рр. Лопань та Харків у північній частині території дослідження. Виходячи з отриманих даних в поверхневому шарі (0 – 30 см) ґрунтів даної території існує фізико-хімічний геохімічна аномалія (можливо техногенної генези).

Висновки

В цілому, можна констатувати, що ґрунтовий покрив річкової долини Лопані характеризується суттєвим перетворення головних хімічних, фізико-хімічних властивостей ґрунтів та гумусового стану, що відбувається на головних напрямках та інтенсивності геохімічної міграції хімічних елементів.

У річковій долині Лопані є ознаки формування нового техногенного фізико-хімічного лужного геохімічного бар'єру у супераквальних та елювіально-акумулятивних ландшафтах (заплави та надзаплавних

терас р.Лопань). Існування цього бар'єру має досить позитивні наслідки для підтримання екологічної рівноваги в природних та природно-антропогенних комплексах. Такий бар'єр сприяє інтенсифікації поверхневого накопичення хімічних елементів та гальмуванню процесів вертикальної та горизонтальної міграції. Таким чином, на більшій частині дослідженої долини підлуження поверхневих шарів міських ґрунтів призводить до зменшення міграційної здатності різноманітних забруднюючих речовин, у тому числі важких металів.

Література

1. Визначник еколога - генетичного статусу та родючості ґрунтів України / [Полупан М. І., Соловей В. Б., Кисіль В. І., Величко В. А.]. – К.: «КОЛОБІГ», 2005. – 303 с.
2. Малишева Л. Л. Ландшафтно-геохімічна оцінка екологічного стану територій./Л. Л. Малишева. – К.: РВЦ «Київський університет», 1997. – 264 с.
3. Экогеохимия городских ландшафтов / Под ред. Касимова Н. С. – М.: Изд-во МГУ, 1995. – 336 с.
4. Мотузова Г. В. Почвенно-химический мониторинг фоновых территорий./ Г. В. Мотузова, Е. А. Карпова, М. С. Малинина – М.: Изд-во МГУ, 1989. – 88 с.
5. Ковда В. А. Основы учения о почвах./ В. А. Ковда. – М.: Наука, 1973. – Кн.1. – 477 с.
6. Мейсон Б. Основы геохимии./ Б. Мейсон. – М.: Недра, 1971. – 292 с.
7. Ильин В. Б. Тяжелые металлы в системе почва – растение./ В. Б. Ильин. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1991. – 151 с.
8. Кабата-Пендиас А. Микроэлементы в почвах и растениях./ А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
9. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. / Е. В. Аринушкина. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 487 с.
10. Hazelton P.A., Brian Murphy/ Understanding soil in Urban Environmental. / P. A. Hazelton, Murphy Brian. – CSIRO PUBLISHING/ Australia and New Zeland, 2011. – 145 p.
11. Польшина С. М. Регуляторна функція лісопаркових насаджень в урбоантропогенезі. / С. М. Польшина. // Екологія та ноосферологія. –2006. – Т. 17. – № 1–2. – С. 122- 128.
12. Титенко А. В. Динамика реакции почвенной среды антропогенно-преобразованных почв на примере Орджоникидзевского района г.Харькова./ А. В. Титенко. // Вісн. Харк. Ун-ту, № 456. Сер.Актуальні проблеми сучасної науки в дослідженнях молодих вчених м. Харкова. Ч.2. 2000. – С.63 - 66.
13. Проведення ґрунтового - геохімічного обстеження урбанізованих територій. Методичні рекомендації/ Укладачі: чл.-кор. УААН, доктор с.-г. наук, проф. Балюк С.А., доктор с.-г. наук Фатеев А.І., канд. с.-г. наук Мірошниченко М.М. – Х.: ННЦ «ІГА ім. О.Н. Соколовського» УААН, 2004. – 62 с.
14. Кауричев И.С. Окислительно-восстановительные процессы и их роль в генезисе и плодородии почв. / И. С. Кауричев, Д. С. Орлов. – М.: Колос, 1982. – 247 с.
15. Pavao-Zuckerman M.A. Scratching the surface and digging deeper: exploring ecological theories in urban soils./ M. A. Pavao-Zuckerman, L.B. Byrne. // Urban Ecosystems. – 2009. – № 12. – P. 9-20.
16. Urban Soils: Applications and Practices/ Phillip J. Craul, 1999. – P. 360.
17. Перельман А. И. Геохимия./ А. И. Перельман. – М.: Высш. школа, 1989. – 528 с.

Надійшла до редколегії 10.06.2015