

ПРО МАГНІТНЕ ЗАБРУДНЕННЯ ТА ПІДКИСЛЕННЯ ҐРУНТІВ  
У ПРИМІСЬКІЙ ЗОНІ КИЄВА ПОРІВНЯНО З ФОНОВИМИ АНАЛОГАМИК.М. Бондар<sup>1</sup>, О.О. Макієнко<sup>2</sup>, Ю.В. Кузь<sup>1</sup><sup>1</sup>Київський національний університет імені Тараса Шевченка, вул. Васильківська, 90, Київ 03022, Україна, e-mail: ks\_bondar@ukr.net, kuz.yulichka@mail.ru<sup>2</sup>Київська школа-інтернат № 21, вул. Новікова-Прибова, 11, Київ 04075, Україна, e-mail: o.makienko@gmail.com

Досліджено зв'язок між питомою магнітною сприйнятливістю ( $\chi$ ) та водневим показником  $pH_{KCl}$  дернових і дерново-підзолистих ґрунтів на двох дослідних ділянках: лісопаркової зони Пуща-Водиця (Київ) та біля смт Клавдієво-Тарасове (Київська обл.). Величина  $\chi$  поверхневого горизонту ґрунтів першої ділянки змінюється в межах  $(5\div 7)\cdot 10^{-8}$  м<sup>3</sup>/кг, другої – в межах  $(5\div 26)\cdot 10^{-8}$  м<sup>3</sup>/кг. Зони високих значень  $\chi$  на ділянці Пуща-Водиця тяжіють до автошляхів з інтенсивним транспортним рухом. За результатами аналізів високотемпературної поведінки магнітної сприйнятливості ґрунти ділянки Пуща-Водиця містять техногенний магнетит. Показано, що зразки ґрунту з високими значеннями  $\chi$  ділянки характеризуються низькими значеннями  $pH_{KCl}$ , тобто спостерігається обернена кореляційна залежність між цими параметрами ( $r = -0,57$ ). Для зразків ґрунту з фонові ділянки Клавдієво-Тарасове такої тенденції не встановлено. Отримані дані свідчать про спільний шлях кислотного та магнітного забруднення ґрунтів околиць Київської міської агломерації, яким є випадіння твердих і рідких опадів з атмосфери.

**Ключові слова:** ґрунти, питома магнітна сприйнятливість, кислотність, водневий показник  $pH_{KCl}$ , магнітне забруднення, міська агломерація.

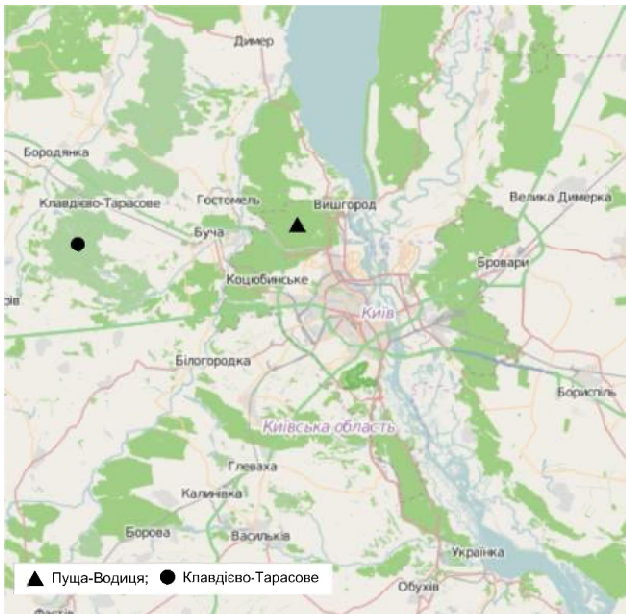
**Вступ.** Як зазначено у статтях [3, 6] з посиланням на дані Центральної геофізичної обсерваторії (ЦГО) ДСНС України, стан повітряного середовища Київської агломерації, незважаючи на скорочення обсягів промислових викидів, характеризується негативною динамікою. Серед стаціонарних джерел забруднення в м. Києві головними є підприємства енергетики (ТЕЦ-5, ТЕЦ-6 АК “Київенерго”, Філіал “Завод «Енергія» Київенерго”, ПрАТ “Екостандарт”), значними залишаються обсяги викидів забруднювальних речовин від пересувних джерел (2010 р. – 236,7 тис. т, 2011 р. – 221,2 тис. т, 2012 р. – 226,3 тис. т) [4, 7].

Під час спалювання вугілля на електростанціях виділяються діоксид сірки ( $SO_2$ ) і тверді мікрочастинки сульфатів металів, легкорозчинних у воді. Автотранспорт є головним джерелом техногенних оксидів нітрогену в атмосфері. Діоксид сірки й оксиди нітрогену – основні кислотоутворювальні речовини – провокують підкислення атмосферних опадів і ґрунтів у місцях, де вони випадають [8].

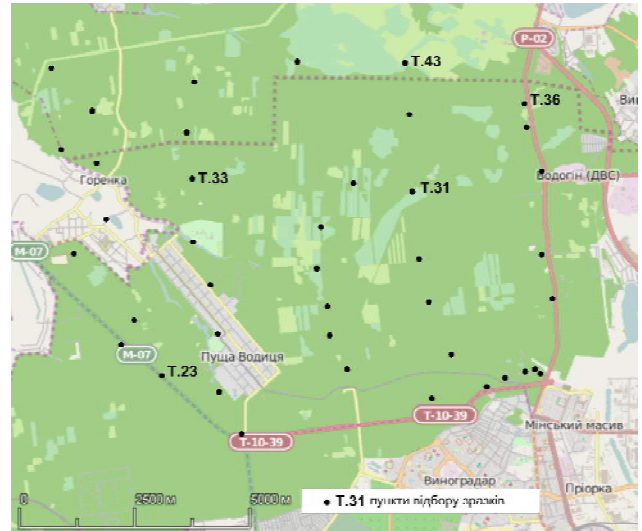
Вплив міської агломерації на довкілля не обмежується границями міста. Пилогазові викиди промисловості й автотранспорту розносяться атмосферними потоками на значні відстані. Ґрунти у промислових регіонах і великих мегаполісах накопичують на своїй поверхні техногенні речовини, які випадають з повітря. Ці речовини, у свою чергу, змінюють фізичні властивості ґрунтів.

При діагностиці екологічного стану довкілля широко використовують дані вимірювання магнітних властивостей і результати магнітомінералогічних досліджень ґрунтів, рослин, пилу і бруду [15]. Зростання їх магнетизму в місті спричинено переважно наявністю дрібних забруднювальних частинок, емітованих у повітря автотранспортом і промисловими підприємствами [15]. Підвищення питомої магнітної сприйнятливості  $\chi$  (м<sup>3</sup>/кг) на промислово забруднених територіях зумовлено наявністю магнетиту у пилогазових викидах і золі [17, 20], магеміту та металічного заліза – в дорожньому бруді та смогу [19]. Накопичення техногенних магнітних часточок-сферул, мірою концентрації яких є магнітна сприйнятливість, часто супроводжується суттєвими змінами фізико-хімічних властивостей ґрунтів і корелює із вмістом різних забруднювальних речовин – важких металів і канцерогенних вуглеводнів [2, 11, 21, 22].

У статті [1] показано, що важливим джерелом магнітного забруднення повітряного басейну м. Києва є теплоелектростанції, навколо яких зафіксовано потужні ареали підвищених значень магнітної сприйнятливості  $\chi$  ґрунтів і рослинності. У публікації [2] продемонстровано значущу кореляцію цього параметра ґрунтів м. Києва із вмістом Ni, Pb, Cu, Zn, що є вагомою передумовою застосування екомагнітної технології для контролю екологічного стану в місті.



а



б

Рис. 1. Карта розташування дослідних ділянок (а) і схема відбору зразків ґрунту на дослідній ділянці Пуща-Водиця (б)

Оцінка екологічного стану території має ґрунтуватися на порівнянні фізичних характеристик компонентів ландшафту ймовірно забруднених і фонових ділянок. Тому при вивченні впливу міста на ґрунти його околиць важливо також дослідити ґрунтовий покрив, розвинений у подібних геоморфологічних умовах, але далеко від міської агломерації.

У статті викладено результати дослідження взаємозв'язку між магнітною сприйнятливістю  $\chi$  і водневим показником ( $\text{pH}_{\text{KCl}}$ ), що характеризує кислотність ґрунтів. Вивчено зразки ґрунту з лісопаркової зони Пуща-Водиця (північна околиця Києва) та зразки аналогічних ґрунтів, відібрані у фонових умовах, на відстані 40 км від міста.

**Характеристика дослідних ділянок і порядку їх опробування.** Об'єктами дослідження були ґрунти двох дослідних ділянок (рис. 1, а): лісопаркової зони Пуща-Водиця у м. Києві і с/т Клавдієво-Тарасове в Київській області.

Геоморфологічно обидві дослідні ділянки розміщені в межах зандрової рівнини, тут розвинені еолові форми рельєфу, які представлені піщаними пасмами, горбами, дюноподібними підвищеннями. Територія покрита мішаним лісом з переважанням хвойних дерев. Ґрунтовий покрив представлений дерновими і дерново-підзолистими піщаними і супіщаними ґрунтами.

Дослідна ділянка Пуща-Водиця знаходиться в однойменній лісопарковій зоні біля північної межі м. Києва. З півдня ділянка обмежена кільцевою дорогою, зі сходу – Мінським проспектом, із заходу – Гостомельським шосе. Зразки ґрунтів були відібрані у 41 пункті (рис. 1, б) з глибин 3, 8 і 15 см.

Дослідна ділянка Клавдієво-Тарасове знаходиться поблизу однойменного селища міського типу, приблизно в 40 км на північний захід від

м. Києва за напрямком Буча–Малин (рис. 1, а). Зразки ґрунту у 17 пунктах відібрано з глибин 2, 10 і 15 см, а також досліджено один ґрунтовий розріз до глибини 35 см.

**Лабораторні дослідження.** В лабораторних умовах розсипні зразки ґрунтів пакували до бюксів об'ємом  $10 \text{ см}^3$ , на яких вимірювали питому (тобто нормовану до маси зразка) магнітну сприйнятливість ( $\text{м}^3/\text{кг}$ ) на капамістку KLY-2 (Geofizyka, Чехія). Також визначали  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  – водневий показник сольової (KCl) витяжки ґрунтів на рН-метрі Eutech Instruments за стандартною методикою. Для 2 зразків з ділянки Пуща-Водиця і 2 зразків з вулиць Києва було досліджено поведінку магнітної сприйнятливості у високотемпературному діапазоні (від 20 до 70 °С) на приладі KLY-3 (Agico, Чехія) з приставкою CS-3 в Інституті геофізики ПАН (Варшава).

**Результати дослідження.** *Магнітна сприйнятливість  $\chi$  ґрунтів.* Цей параметр є показником концентрації магнітних мінералів. За генезисом вони можуть бути літогенними, тобто успадкованими від материнської породи – субстрату, педогенними – утвореними в результаті процесів ґрунтоутворення, а також техногенними – такими, що потрапили в ґрунт унаслідок діяльності людини. Серед останніх найважливішими є магнітні частинки, емітовані в атмосферу автотранспортом і промисловими підприємствами. Переважно вони зумовлюють високі значення  $\chi$  у ґрунтах міст.

Магнітна сприйнятливість поверхневого  $\chi$  (до глибини 3 см) горизонту ґрунтів ділянки Пуща-Водиця змінюється в межах  $(5\div 77) \cdot 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$ , спостерігається виражений бімодальний розподіл цього параметра (рис. 2, а). Такий розподіл формується за дії двох незалежних чинників. Ос-

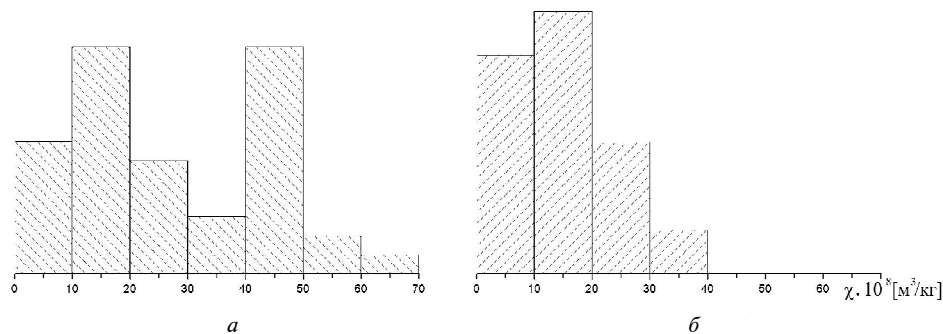


Рис. 2. Розподіл питомої магнітної сприйнятливості поверхневого шару ґрунтів на дослідних ділянках Пуша Водиця (а) і Кладієво-Тарасове (б)

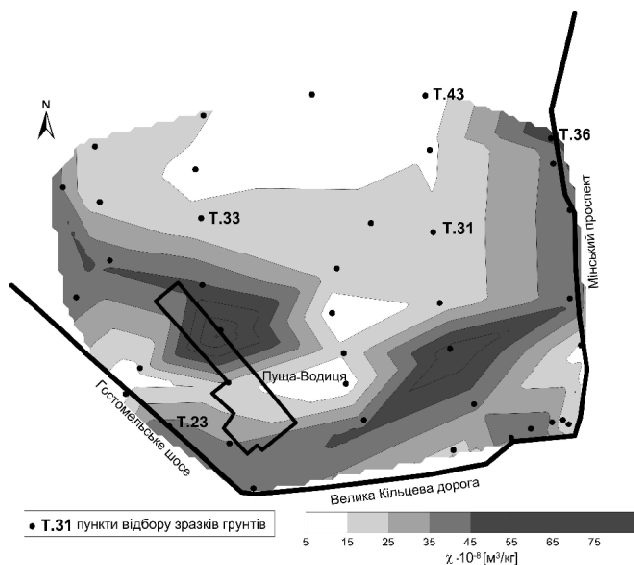


Рис. 3. Карта-схема питомої магнітної сприйнятливості поверхневого (0–3 см) шару ґрунтів на дослідній ділянці Пуша-Водиця

кільки ґрунтовий покрив ділянки однорідний за генетичним типом, можна зробити припущення, що перша мода ( $(40\div 50) \cdot 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$ ) сформована ґрунтами з природним магнетизмом, а друга ( $(40\div 50) \cdot 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$ ), відповідає ґрунтам, що містять певну кількість феромагнітного забруднення.

Магнітна сприйнятливість  $\chi$  поверхневого шару ґрунтів фонові ділянки Кладієво-Тарасове змінюється від  $5,8 \cdot 10^{-8}$  до  $26,4 \cdot 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$ . Як і очікувалось, розподіл  $\chi$  у приповерхневому шарі виявився одномодальним (рис. 2, б), тобто зумовленим тільки фактором природного педогенезу.

Зони підвищених значень  $\chi$  поверхневого шару ґрунту в Пуші-Водиці тяжіють до автошляхів з інтенсивним рухом (рис. 3).

Графіки вертикального розподілу  $\chi$  для більшості пунктів відбору на обох ділянках демонструють зростання  $\chi$  у приповерхневому шарі (3 см) порівняно з підстельними піском (рис. 4). Це зростання є доволі значним у багатьох пунктах ділянки Пуша-Водиця.

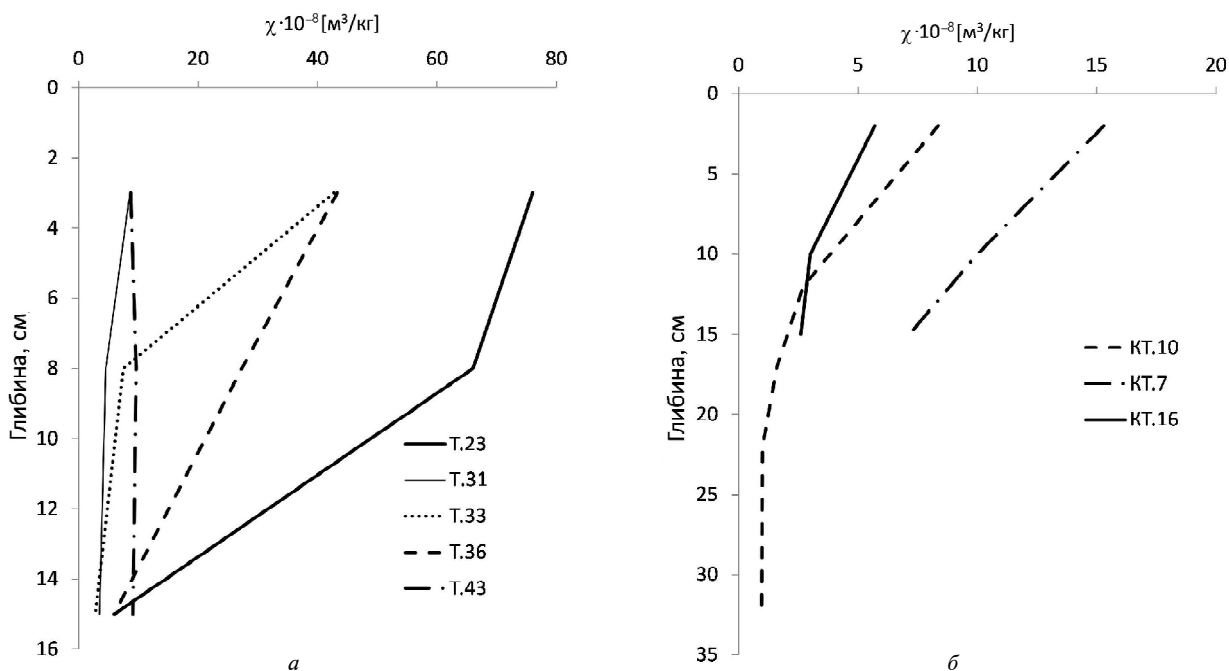


Рис. 4. Характерні розподіли питомої магнітної сприйнятливості ґрунтів за глибиною на дослідних ділянках Пуша-Водиця (а) і Кладієво-Тарасове (б)

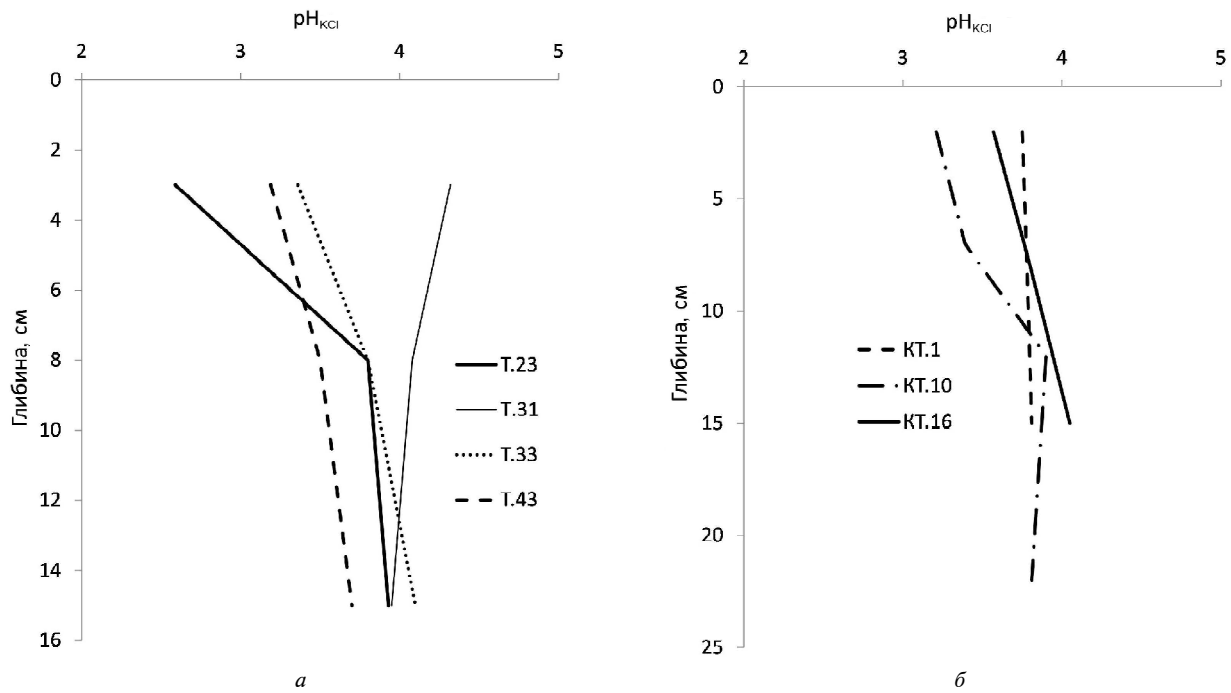


Рис. 5. Характерні розподіли  $pH_{KCl}$  ґрунтів за глибиною на дослідних ділянках Пуща-Водиця (а) і Клавдієво-Тарасове (б)

**Показник  $pH_{KCl}$  ґрунтів.** Кислотність ґрунту характеризується водневим показником рН. За значеннями рН сольової витяжки ( $pH_{KCl}$ ) ґрунти обох полігонів належать до кислих і сильнокислих [9]. Величина  $pH_{KCl}$  поверхневого шару ґрунтів коливається в межах 2,6–5,0 для ділянки Пуща-Водиця та 3,1–4,7 для ділянки Клавдієво-Тарасове. В ґрунтах обох дослідних ділянок спостерігається зниження  $pH_{KCl}$  у гумусованому шарі, що свідчить про зростання ступеня кислотності (рис. 5).

**Криві високотемпературної поведінки магнітної сприйнятливості  $k(T)$ .** З метою визначення основних магнітних мінералів-носіїв природного і техногенного магнетизму ґрунтів досліджено криві зміни магнітної сприйнятливості у високотемпературному (від 20 до 700 °С) діапазоні 2 поверхневих зразків з ділянки Пуща-Водиця (Т. 23, Т. 33) і 2 зразків з вулиць м. Києва (рис. 6). Зразки, взяті з 2 пунктів міста, за даними ЦГО [5], відповідають підвищеному (вул. Складенка, 5, зразок КГ1-9) та низькому (просп. Науки, 37,

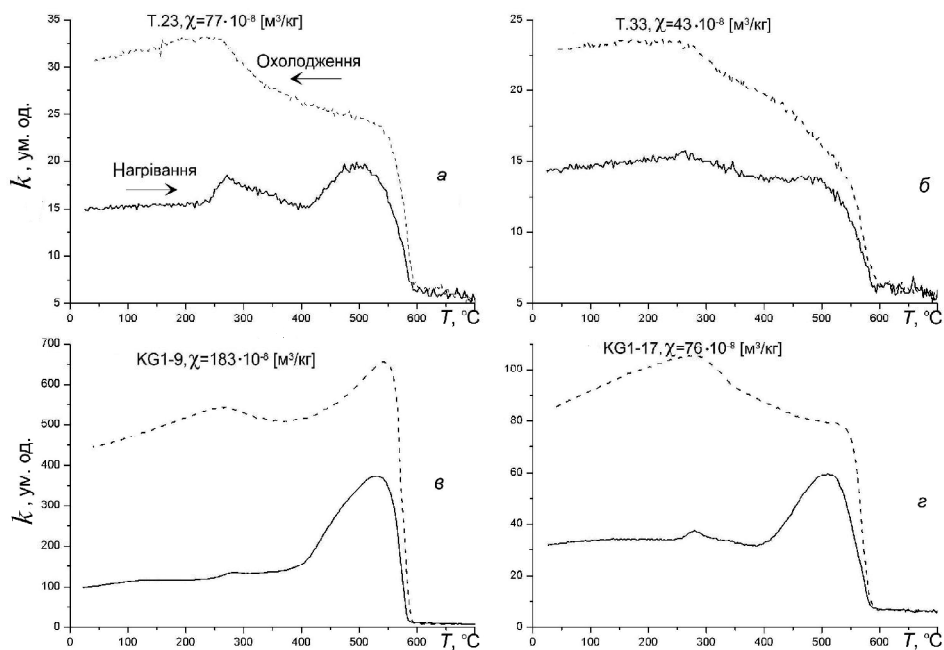


Рис. 6. Криві високотемпературної поведінки магнітної сприйнятливості ґрунтів

зразок KG1-17) рівням забруднення атмосферного повітря.

Висновки щодо магнітної мінералогії ґрунтів зроблені за спостереженими температурами Кюрі ( $T_C$ ) – температурами, вище яких феромагнітні мінерали стають парамагнітними, а також за температурами характерних перегинів на кривих  $k(T)$ .

Криві  $k(T)$ , зняті під час нагрівання всіх зразків, лежать нижче кривих охолодження. Основною причиною цього явища є інтенсивне утворення нової феромагнітної фази в процесі вимірювального нагрівання.

За  $T_C \sim 585$  °С у зразках діагностовано магнетит, який може бути як первинним, так і новоутвореним за окиснювальної ролі органічної речовини, наявної у ґрунтах. Широкий та високий пік в околі температури 500 °С, який спостерігається для зразків KG1-9, KG1-17 та T.23 з відносно високою ізотермічною  $k$ , може бути інтерпретований як ознака ефекту Гопкінсона, характерного для дрібнодисперсних однодомених магнетитів імовірно техногенного походження [14, 17]. Цей пік відсутній для зразка T.33, а отже, зразок містить меншу кількість забруднювальних магнітних частинок.

Свідченням наявності у ґрунтах магеміту є невеликий пік в околі 260–270 °С, який спостерігається на кривих всіх зразків. Можливо, він пов'язаний з фазовим переходом магеміту в гематит ( $\alpha$ - $\gamma$ -перехід) [13].

**Обговорення.** Кислотність ґрунтів є одним з найважливіших чинників, які впливають на розвиток рослинного покриву. Підкислені опади, що зрошують поверхню ґрунтів дерново-підзолистого ряду, впливають на весь спектр їх хімічних властивостей, при цьому основні зміни відбуваються у верхніх 5 см ґрунту [10].

Дослідження залежності  $pH_{KCl}$  від  $\chi$  у поверхневих зразках ґрунтів дослідних ділянок показало, що зразки з ділянки Пуща-Водиця з високими значеннями  $\chi$  тяжіють до зони низьких значень показника  $pH_{KCl}$ , тобто формується зна-

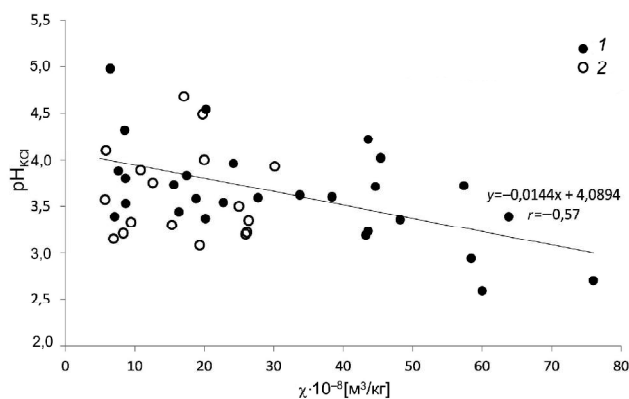


Рис. 7. Залежність показника ступеня кислотності ґрунту  $pH_{KCl}$  від  $\chi$  у поверхневому (3 см) шарі ґрунтів дослідних ділянок Пуща-Водиця (1) і Клавдієво-Тарасове (2)

чуща обернена кореляційна залежність між цими параметрами ( $r = -0,57$ ) (рис. 7). Для зразків з ділянки Клавдієво-Тарасове такої тенденції не виявлено, зв'язок між  $pH_{KCl}$  та  $\chi$  практично відсутній.

На цій підставі можна стверджувати, що в межах території Пущі-Водиці існує спільне кислотне та магнітне забруднення ґрунтів унаслідок випадіння твердих і рідких опадів з атмосфери.

Хоча механізми поширення забруднення і роль окремих агентів потребують подальшого вивчення, зрозуміло, що в Києві і навколо міста наявні умови для формування комплексних ареалів забруднення. У місті вагому роль відіграють теплові електростанції як джерела магнітних частинок у складі аеротехногенного пилу [1]. Внаслідок високотемпературної трансформації сульфідів заліза, які містяться у природному пальному, зокрема у вугіллі, в атмосферу одночасно надходять оксиди заліза у складі твердих частинок та діоксид сірки, що провокує підкислення атмосферних опадів [16, 18]. Висока концентрація вихлопних газів у приземному шарі атмосфери в околі автодоріг з інтенсивним рухом приводить до потрапляння у навколишній ґрунт з опадами як твердих магнітних частинок малого діаметра (0,1–10 мкм) [12, 18, 23], так і нітратної кислоти, що утворюється внаслідок взаємодії діоксиду нітрогену з водою.

#### Висновки

1. У приміській зоні м. Києва Пуща-Водиця, на відміну від фонові ділянки Клавдієво-Тарасове, спостерігається неприродне підвищення магнітної сприйнятливості у поверхневому горизонті ґрунтів, що пов'язане з домішкою дрібнодисперсного техногенного магнетиту. Зона підвищених значень  $\chi$  тяжіє до автошляхів з інтенсивним транспортним рухом.
2. Зразки ґрунтів з Пущі-Водиці з високими значеннями магнітної сприйнятливості характеризуються пониженими значеннями  $pH_{KCl}$ , тобто є підкисленими. Встановлено значущу обернену кореляційну залежність між цими параметрами, водночас у зразках фонових ґрунтів між параметрами  $pH_{KCl}$  та  $\chi$  немає зв'язку.
3. Місто негативно впливає на свою найближчу околицю, опади містять як підкислювальні речовини, так і тверді техногенні магнітні частинки. Виявлення зв'язку між ними відкриває можливості для застосування магнітного моніторингу техногенного впливу на ґрунти з низькими буферними властивостями щодо кислотних сполук.

1. Бондар К.М. Моніторинг забрудненості повітряного басейну Києва за магнітною сприйнятливістю ґрунтів і рослинності / К.М. Бондар, І.В. Віршило, І.Р. Стахів, І.В. Слободяник // Геоінформатика. – 2011. – № 3. – С. 83–87.

2. *Бондар К.* Нагромадження магнітного забруднення і важких металів у ґрунтах і рослинному покриві міста Києва / К. Бондар, А. Самчук, І. Стахів, І. Слободяник // Вісник Київ. ун-ту. Геологія. – 2010. – Вип. 50. – С. 26–30.
3. *Вишневецький В.І.* Забруднення атмосферного повітря в Києві протягом 1991–2010 рр. / В.І. Вишневецький, І.А. Колісник // Український географічний журнал. – 2011. – № 3. – С. 57–61.
4. *Екологічний паспорт Києва (2012 р.)* [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://menr.gov.ua/docs/protection1/kyiv/Kyiv\\_ecorasport\\_2012.doc](http://menr.gov.ua/docs/protection1/kyiv/Kyiv_ecorasport_2012.doc) (дата звернення: 15.03.2015).
5. *Жуков М.Н.* Деякі особливості динаміки забруднення атмосферного повітря міста Києва шкідливими речовинами за 2001 – 2010 рр. / М.Н. Жуков, І.Р. Стахів, А.В. Клипа // Геоінформатика. – 2013. – № 1(45). – С. 72–76.
6. *Жуков М.М.* Критичний стан повітряного середовища Києва. Прогнозні оцінки впливу на 2012 р. / М.М. Жуков, С.А. Вижва // Геоінформатика. – 2008. – № 4. – С. 69–78.
7. *Каменева І.П.* Комплексний аналіз екологічної безпеки міста на основі сучасних ГІС-технологій / І.П. Каменева, А.В. Яцишин, Д.О. Полішко, О.О. Попов // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – 2008. – № 5. – С. 41–46.
8. *Копач П.И.* Техногенез и кислотные дожди / П.И. Копач, А.Г. Шапарь, В.М. Шварцман. – Киев: Наук. думка, 2006. – 174 с.
9. *Назаренко І.І.* Ґрунтознавство: Підручник / І.І. Назаренко, С.М. Польчина, В.А. Нікорич. – Чернівці: Книги-XXI, 2004. – 400 с.
10. *Филаретова А.Н.* Оценка буферности почв подзолистого ряда к импактному кислотному воздействию / А.Н. Филаретова, П.П. Кречетов, Т.В. Королева, Т.М. Дианова // Мир науки, культуры, образования. – 2012. – № 6 (37). – С. 519–522.
11. *Bitukova L.* Magnetic susceptibility as indicator of environmental pollution of soils in Tallinn / L. Bitukova, R. Scholgar, M. Birke // Physics and Chemistry of the Earth (A). – 1999. – V. 24, issue 9. – P. 829–835.
12. *Bucko M.S.* Identification of magnetic particulates in road dust accumulated on roadside snow using magnetic, geochemical and micro-morphological analysis / M.S. Bucko, T. Magiera, B. Johanson, E. Petrovsky, L.J. Pesonen // Environmental Pollution. – 2011. – V. 159, issue 5. – P. 1266–1276.
13. *Dunlop D.J.* Rock magnetism: Fundamentals and frontiers (Cambridge Studies in Magnetism) / D.J. Dunlop, Ö. Özdemir. – Cambridge: Cambr. Univ. Press, 1997.
14. *Dunlop D.J.* Thermal enhancement of magnetic susceptibility / D.J. Dunlop // J. Geophysics. – 1974. – V. 40. – P. 439–451.
15. *Evans M.E.* Environmental Magnetism: Principles and Applications of Enviromagnetics (International Geophysics series) / M.E. Evans, F. Heller. – San Diego: Acad. Press, 2003. – V. 86. – 311 p.
16. *Flanders P.J.* Collection, measurement, and analysis of airborne magnetic particulates from pollution in the environment / P.J. Flanders // Journal of Applied Physics. – 1994. – V. 75, issue 10. – P. 5931–5936.
17. *Jeleńska M.* Magnetic properties of the profiles of polluted and non-polluted soils. A case study from Ukraine / M. Jeleńska, A. Hasso-Agopsowicz, B. Kopcewicz, A. Sukhorada, K. Tyamina, M. Kądziałko-Hofmokr, Zh. Matviishina // Geophysical Journal International. – 2004. – V. 159, issue 1. – P. 104–116.
18. *Morawska L.* Combustion sources of particles. 1. Health relevance and source signatures / L. Morawska, J.Zhang // Chemosphere. – 2002. – V. 49, issue 9. – P. 1045–1058.
19. *Muxworthy A.R.* Magnetic properties and Mossbauer spectra of urban atmospheric particulate matter: A case study from Munich, Germany / A.R. Muxworthy, E. Schmidbauer, N. Petersen // Geophysical Journal International. – 2002. – V. 150, issue 2. – P. 558–570.
20. *Petrovsky E.* Magnetic monitoring of air-land and water-pollution / E. Petrovsky, B.B. Ellwood [Eds B.A. Maher, R. Tompson] // Quaternary Climates, Environments and Magnetism. – Cambridge: Cambr. Univ. Press, 1999. P. 279–322.
21. *Shilton V.F.* Magnetic properties of Urban street dust and their relationship with organic matter content in the West Midlands, UK / V.F. Shilton, C.A. Booth, J.P. Smith, P. Giess, D.J. Mitchell, C.D. Williams // Atmospheric Environment. – 2005. – V. 39, issue 20. – P. 3651–3659.
22. *Strzyszcz Z.* Heavy metal contamination and magnetic susceptibility in oils of Southern Poland / Z. Strzyszcz, T. Magiera // Physics and Chemistry of the Earth. – 1998. – V. 23, issues 9–10. – P. 1127–1131.
23. *Tertre A.Le.* Short-term effects of particulate air pollution on cardiovascular diseases in eight European cities / A.Le. Tertre, S. Medina, E. Samoli, B. Forsberg, P. Michelozzi, A. Boumghar, J.M. Vonk, A. Bellini, R. Atkinson, J.G. Ayres, J. Sunyer, J. Schwartz, K. Katsouyanni // J. Epidemiology and Community Health. – 2002. – V. 56, issue 10. – P. 773–779.

## О МАГНИТНОМ ЗАГРЯЗНЕНИИ И ПОДКИСЛЕНИИ ПОЧВ В ПРИГОРОДНОЙ ЗОНЕ КИЕВА ПО СРАВНЕНИЮ С ФОНОВЫМИ АНАЛОГАМИ

*К.М. Бондарь<sup>1</sup>, О.А. Макиенко<sup>2</sup>, Ю.В. Кузь<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, ул. Васильковская, 90, Киев 03022, Украина, e-mail: [ks\\_bondar@ukr.net](mailto:ks_bondar@ukr.net), [kuz.yulichka@mail.ru](mailto:kuz.yulichka@mail.ru)

<sup>2</sup>Киевская школа-интернат № 21, ул. Новикова-Прибоя, 11, Киев 04075, Украина, e-mail: [o.makienko@gmail.com](mailto:o.makienko@gmail.com)

Исследована взаимосвязь между удельной магнитной восприимчивостью ( $\chi$ ) и водородным показателем ( $\text{pH}_{\text{KCl}}$ ) дерновых и дерново-подзолистых почв на двух опытных участках: в лесопарковой зоне Пуша-Водица (Киев) и около пгт Клавдиево-Тарасово (Киевская обл.). Величина  $\chi$  поверхностного горизонта почв на участке Пуша-

Водица изменяется в пределах  $(5\div 77) \cdot 10^{-8}$  м<sup>3</sup>/кг, в Клавдиево-Тарасово –  $(5\div 26) \cdot 10^{-8}$  м<sup>3</sup>/кг. Зоны высоких значений  $\chi$  на участке Пуща-Водица тяготеют к автодорогам с интенсивным транспортным движением. По результатам анализов высокотемпературного поведения магнитной восприимчивости в составе почв участка Пуща-Водица установлен техногенный магнетит. Показано, что образцы почв с высокими значениями  $\chi$  характеризуются низкими значениями рН<sub>КCl</sub>, т. е. выявлена обратная корреляционная зависимость между этими параметрами ( $r = -0,57$ ). Для образцов почв фонового участка Клавдиево-Тарасово такой тенденции не отмечено. Полученные данные свидетельствуют об общем пути кислотного и магнитного загрязнения почв окрестностей Киевской городской агломерации – выпадении твердых и жидких осадков из атмосферы.

**Ключевые слова:** почвы, удельная магнитная восприимчивость, кислотность, водородный показатель рН<sub>КCl</sub>, магнитное загрязнение, городская агломерация.

## ON MAGNETIC POLLUTION AND ACIDIFICATION OF SOILS FROM KYIV OUTSKIRTS COMPARED TO BACKGROUND SOILS

K.M. Bondar<sup>1</sup>, O.O. Makiienko<sup>2</sup>, Yu.V. Kuz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Taras Shevchenko National University of Kyiv, 90 Vasylykivska Str., Kyiv 03022, Ukraine,

e-mail: ks\_bondar@ukr.net, kuz.yulichka@mail.ru

<sup>2</sup>Kyiv all-day school no. 21, 11 Novikov-Priboj Str., Kyiv 04075, Ukraine, e-mail: o.makienko@gmail.com

**Purpose.** The purpose of the article is to prove a hypothetic possibility of their existing a conjoint way of magnetic and acid soil contamination of the Kyiv city metropolitan area outskirts.

**Design/methodology/approach.** The dependence between magnetic susceptibility ( $\chi$ ) and hydrogen parameter рН<sub>КCl</sub> in soddy and soddy-podzolic soils is studied in two research areas: the park area Pushcha-Voditsa (Kyiv city, Ukraine) and the area near the village Klavdiyevo-Tarasove located 40 km far from the city.

**Findings.**  $\chi$  of surface soil horizon in Pushcha-Voditsa varies from 5 to 77·10<sup>-8</sup> м<sup>3</sup>/кг, in Klavdiyevo-Tarasove – within 5...26·10<sup>-8</sup> м<sup>3</sup>/кг. Areas with high values of  $\chi$  in Pushcha-Voditsa tend to be closer to roads with heavy traffic. The traces of magnetic pollution defined based on the analysis of the high-temperature behavior curves of the magnetic susceptibility of soils from Pushcha-Voditsa. In the soil from Pushcha-Voditsa, as well as in the contaminated samples from the streets of Kyiv city with relatively high isothermal  $\chi$ , a wide and high peak in the vicinity of 5000 was observed, interpreted as Hopkin peak, which is characteristic of fine single-domain magnetite, likely of anthropogenic origin. It is shown that the samples from Pushcha-Voditsa with high  $\chi$  are likely to have low рН<sub>КCl</sub> values, i.e., there is a negative correlation between these parameters ( $r = -0.57$ ). No such trend observed for the samples from the background area of Klavdiyevo-Tarasove. Practical value/implications. The results obtained suggest a conjoint way of magnetic and acid soil contamination of the Kyiv city metropolitan area outskirts, which is a fallout of solid and liquid precipitation from the atmosphere. As a result of the high temperature transformation of iron sulfides contained in coal and other natural fuels of power plants, a particular substance comprising iron oxides and sulfur dioxide, which causes acidification of precipitation, is emitted to the atmosphere. Due to a high concentration of exhaust gases in the surface air in the vicinity of roads with heavy traffic, fine magnetic particles and nitric acid, which is formed as a result of the interaction of nitrogen dioxide with water, reach the soil.

**Keywords:** magnetic susceptibility, acidity, hydrogen parameter рН<sub>КCl</sub>, magnetic pollution, urban agglomeration.

### References:

1. Bondar K.M., Virshylo I.V., Stakhiv I.R., Slobodyanyk I.V. *Monitoring zabrudnenosti povitryanogo basejnu Kyieva za magnitnoju spryinyatlyvist'u gruntiv ta roslynnosti* [Monitoring of air pollution according to the magnetic susceptibility measurements of soils and vegetation in Kyiv]. *Geoinformatika (Ukraina)*, 2011, no. 3, pp. 83-87.
2. Bondar K., Samchuk A., Stakhiv I., Slobodyanyk I. *Nagromadzhennya magnitnogo zabrudnennya I vazhkyh metaliv u gruntah I roslynnomu pokryvi mista Kyieva* [Accumulation of magnetic pollution and heavy metals on soils and plants in Kyiv city] *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka. Seriya Heolohiia*, 2010, issue 50, pp. 26-30.
3. Vyshnevskij V.I., Kolisnyk I.A. *Zabrudnennia atmosfernogo povitria v Kyievi protyagom 1991-2010 rr.* [Atmosphere pollution in Kyiv in 1991-2010 yrs]. *Ukaryinskyj geografichnyj zhurnal* [Ukrainian geographical journal], 2011, no. 3, p. 57-61.
4. *Ekologichnyj passport Kyieva (2012 r.)* [Ecological passport of Kyiv (2012)]. Available at: [http://menr.gov.ua/docs/protection1/kyiv/Kyiv\\_ecopasport\\_2012.doc](http://menr.gov.ua/docs/protection1/kyiv/Kyiv_ecopasport_2012.doc) (Accessed 15 March 2015).
5. Zhukov M.N., Stahiv I.R., Klypa A.V. *Deyaki osoblyvosti dynamiky zabrudnennya atmosfernogo povitrya mista Kyieva shkidlyvymu rehovynamy za 2001-2010 rr.* [Some features of air pollution dynamics of contaminants in Kyiv from 2001 to 2010]. *Geoinformatika (Ukraina)*, 2013, no. 1(45), pp. 72-76.
6. Zhukov M.M., Vyzhva S.A. *Krytychnyj stan povitryanogo seredovyscha Kyieva. Prognozni otsinky vplyvu na 2012 r.* [Critical state of air environment in Kyiv. Prediction of influences in 2012]. *Geoinformatika (Ukraina)*, 2008, no. 4, pp. 69-78.
7. Kameneva I.P., Yatsyshyn A.V., Polishko D.O., Popov O.O. *Kompleksnyj analiz ekologichnij bezpeky mista na osnovi suchasnyh GIS-tehnologij* [Complex analysis of ecological safety in the city applying GIS technologies]. *Ekologija dovkillya ta bezpeka zhyttiediyal'nosti* [Ecology of the environment and safety living], 2008, no. 5, pp. 41-46.

8. Kopach P.I., Shapar' V.M., Shvartsman V.M. *Tehnogenez i kislotnye dozhdі* [Technogenesis and acid rains]. Kyiv, *Naukova dumka*, 2006, 174 p.
9. Nazarenko I.I., Pol'chyna S.M., Nikorych V.A. *Gruntoznavstvo: Pidruchnyk* [Soil science: Handbook]. Chernivtsi, *Knyhy-XXI*, 2004, 400 p.
10. Filarietova A.N., Krechetov P.P., Korolyova T.V., Dianova T.M. *Otsenka bufernosti pochv podzolistogo ryada k impaktnomu kislotnomu vozdeystviyu* [Estimation of buffer properties of podzolic soils to impact acidification] *Mir nauki, kultury i obrazovanija*, 2012, no. 6(37), pp. 519-522.
11. Bityukova L., Scholgar R., Birke M. *Magnetic susceptibility as indicator of environmental pollution of soils in Tallinn. Physics and Chemistry of the Earth (A)*, 1999, vol. 24, issue 9, pp. 829-835.
12. Bucko M.S., Magiera T., Johanson B., Petrovsky E., Pesonen L.J. Identification of magnetic particulates in road dust accumulated on roadside snow using magnetic, geochemical and micro-morphological analysis. *Environmental Pollution*, 2011, vol. 159, issue 5, pp. 1266-1276.
13. Dunlop D. J., Özdemir Ö. *Rock magnetism: Fundamentals and frontiers (Cambridge Studies in Magnetism)*. Cambridge, *Cambridge University Press*, 1997.
14. Dunlop D.J. Thermal enhancement of magnetic susceptibility. *Journal of Geophysics*, 1974, vol. 40, pp. 439-451.
15. Evans M.E., Heller F. *Environmental Magnetism: Principles and Applications of Enviromagnetics (International Geophysics series)*. San Diego, *Academic Press*, 2003. vol. 86, 299 p.
16. Flanders P.J. Collection, measurement, and analysis of airborne magnetic particulates from pollution in the environment. *Journal of Applied Physics*, 1994, vol. 75, issue 10, pp. 5931-5936.
17. Jeleńska M., Hasso-Agopsowicz A., Kopcewicz B., Sukhorada A., Tyamina K., Kądziałko-Hofmokl M., Matviishina Zh. Magnetic properties of the profiles of polluted and non-polluted soils. A case study from Ukraine. *Geophysical Journal International*, 2004, vol. 159, issue 1, pp. 104-116.
18. Morawska L., Zhang J. Combustion sources of particles. 1. Health relevance and source signatures. *Chemosphere*, 2002, vol. 49, issue 9, pp. 1045-1058.
19. Muxworthy A.R., Schmidbauer E., Petersen N. Magnetic properties and Mossbauer spectra of urban atmospheric particulate matter: a case study from Munich, Germany. *Geophysical Journal International*, 2002, vol. 150, issue 2, pp. 558-570.
20. Petrovsky E., Ellwood B.B. Magnetic monitoring of air-land and water-pollution. In: *Quaternary Climates, Environments and Magnetism* [Eds B.A. Maher, R. Tompson]. Cambridge, *Cambridge University Press*, 1999, pp. 279-322.
21. Shilton V.F., Booth C.A., Smith J.P., Giess P., Mitchell D.J., Williams C.D. Magnetic properties of Urban street dust and their relationship with organic matter content in the West Midlands, UK. *Atmospheric Environment*, 2005, vol. 39, issue 20, pp. 3651-3659.
22. Strzyszczyk Z., Magiera T. Heavy metal contamination and magnetic susceptibility in soils of Southern Poland. *Physics and Chemistry of the Earth*, 1998, vol. 23, issues 9-10, pp. 1127-1131.
23. Tertre A.Le., Medina S., Samoli E., Forsberg B., Michelozzi P., Boumghar A., Vonk J.M., Bellini A., Atkinson R., Ayres J.G., Sunyer J., Schwartz J., Katsouyanni K. Short-term effects of particulate air pollution on cardiovascular diseases in eight European cities. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 2002, vol. 56, issue 10, pp. 773-779.

*Надійшла до редакції 20.03.2015 р.  
Received 20/03/2015*