

- дає можливість оцінювати структуру пустотного простору складнопобудованих та глибокозалягаючих порід-колекторів,

- кількісно визначає тип колектора (формат тріщин та їх концентрацію в породі),

- при площадних дослідженнях дає можливість кількісно виділити зони розвитку колекторів в однотипних породах та оцінити їх перспективність.

Загалом, за даними ГДС одновікових інтервалів 10 свердловин Андріяшівського родовища автором:

- визначени концентрації пустот розрахованих форматів;

- виділені пласти-колектори, неперспективними можна вважати 51,28 % досліджених пластів;

- оцінені типи колекторів: гранулярний, тріщинно-гранулярний, гранулярно-тріщинний та тріщинний;

- побудовані карти та 3D зображення закономірностей зміни тріщинної та вторинної пористості;

- на картах та об'ємних зображеннях виділені зони розвитку перспективних колекторів по кожному з горизонтів і підгоризонтів.

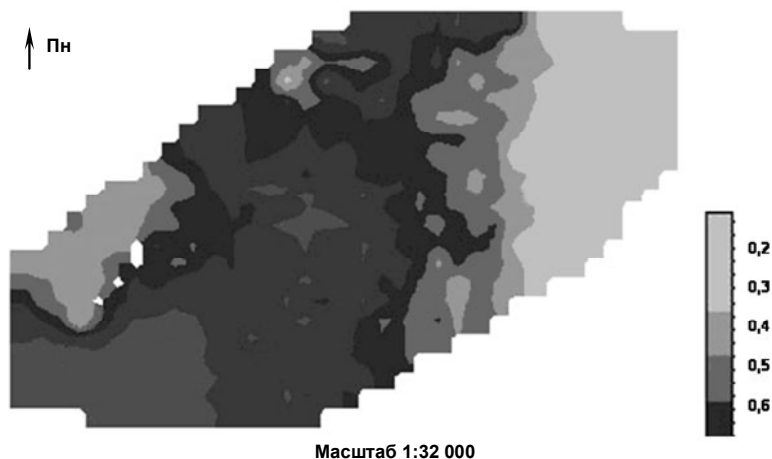


Рис. 3. Середнє значення коефіцієнта тріщинної пористості в інтервалі розвитку підгоризонта В-19h, на Андріяшівській площі ДДз

Дана методика дозволяє більш глибоко розуміти фізичну природу процесів, що виникають в складнопобудованих породах-колекторах, відкриває нові перспективи для рішення задач інтерпретації даних геофізичних досліджень свердловин, прогнозу продуктивності пластів свердловин на стадіях від оперативної обробки даних ГДС до підрахунку запасів нафти и газу.

1. Безродна І.М. Дослідження тріщинуватості складнопобудованих порід-колекторів та оцінка її впливу на фільтраційні характеристики // Вісн. Київ. ун-ту. Геологія. – 2005. – Вип. 34, С. 34-37. 2. Безродна І.М. Методика кількісної оцінки структури пустотного простору складнопобудованих порід-колекторів та прогнозу їх продуктивності за даними ГДС та петрофізики // Автореф. дис. ... канд. геол. н. – 2007. 3. Вижва С.А., Безродна І.М., Олійник О.В. Кількісна оцінка перспектив нафтогазоносності глибокозанурених відкладів теригенних порід – колекторів на основі визначення їх структури пустотного простору за даними промислової геофізики. Перспективи нафтогазоносності глибоко занурених горизонтів осадових басейнів України: 36. наук. праць. – Івано-Франківськ, 2006. 4. Косаченко В.Д. Комп'ютеризована методика побудови геологічних моделей нафтогазових родовищ у зв'язку з підрахунком запасів вуглеводнів. – Автореф. дис. ... канд. геол. наук. К., 2002. 5. Красножон М.Д. Інтегрована інтерпретація матеріалів геофізичних досліджень нафтогазових свердловин. – Автореф. дис. ... д-ра. геол. наук. К., 2002.

УДК 631.48:504.53/54

Надійшла до редколегії 01.12.09

К. Бондар, канд. геол. наук, А. Самчук, д-р хім. наук, І. Стахів, студ., І. Слободяник, студ.

НАГРОМАДЖЕННЯ МАГНІТНОГО ЗАБРУДНЕННЯ І ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ҐРУНТАХ І РОСЛИННОМУ ПОКРИВІ МІСТА КИЄВА

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром геол.-мінералог. наук, проф. М.І. Толстим)

Досліджена магнітна сприйнятливість ґрунтів, кори дерев і листя з території Київської міської агломерації. Виявлені значущі кореляційні зв'язки магнітної сприйнятливості ґрунтів з вмістом нікелю, свинцю, міді та цинку. Простежена тенденція до зростання магнітної сприйнятливості листя за рахунок аеротехногенних випадіння.

Magnetic susceptibility of soils, tree bark and leaves from Kyiv megalopolis was measured. Significant correlation between soil magnetic susceptibility and contents of Ni, Pb, Cu and Zn was found. The tendency for increase of magnetic susceptibility of leaves due to airborne pollution was observed.

Вступ. На фоні високих темпів індустріалізації у Світі та швидкого росту міських агломерацій проблема техногенного забруднення навколишнього середовища, в тому числі й міського, постала дуже гостро. Це змусило вчених шукати нових ефективних методів контролю екологічного стану довкілля. Серед таких методів гідне місце займає екомагнітний метод. Він ґрунтується на вимірюваннях магнітних властивостей ґрунтів, рослин, пилу і бруду [1, 2]. Зростання їх магнітної сприйнятливості (χ) спричинене

переважно дрібними твердими частинками, емітованими в повітря автотранспортом та промисловими підприємствами у складі летючої золи (fly ashes) [1, 2].

Летюча зола зазвичай містить певну кількість феримагнітних часток. Найбільш значним джерелом летючої золи є згорання природного палива, яке може містити до 10 % феримагнітних оксидів заліза [3], що виникають як кінцевий продукт високотемпературної трансформації сульфідів заліза (переважно піриту),

© Бондар К., Самчук А., Стахів І., Слободяник І., 2010

присутніх у вугіллі [4]. Утворені таким чином частки антропогенного походження мають специфічну морфологію і їх можна відрізнити від природних зерен. Магнітні тонкі частинки переважно представляють собою сфери та зерна неправильної форми, які містять різну кількість магнетиту та гематиту, залежно від типу палива і температури згорання [5].

Магнітні мінерали, які утворюються в результаті згорання автомобільного пального та стирання і обпалення металевих деталей машин, це переважно магнетит та металічне залізо з розмірами зерен 0,1 – 0,7 мкм [6]. Наразі надійно встановлено, що тверді частки в міському повітрі справляють суттєвий негативний вплив на здоров'я людини [7]. Доведений сильний позитивний кореляційний зв'язок між вмістом дрібнодисперсних (<10 мкм) твердих частинок та ризиком респіраторної та серцево-судинної захворюваності й смертності [8, 9].

Залежно від розміру зерен та атмосферних умов антропогенні феримагнетики разом з рештою атмосферних пилових часток транспортуються повітряними шляхами та відкладаються на ґрунті, накопичуючись на компонентах рослинного покриву. За певних умов магнітні параметри, залежні від концентрації феримагнетиків (такі як низькочастотна магнітна сприйнятливості) можуть виступати індикаторами рівня забрудненості атмосферними випадіннями.

Постановка завдання. В умовах міського середовища із застосуванням магнітних методів можливий ефективний моніторинг техногенного впливу підприємств різних галузей (енергетичних, гірничовидобувних, металургійних тощо), а також автомобільного транспорту. Позитивні результати багатьох робіт спонукали нас до розробки ефективної екомагнітної технології контролю екологічного стану міста Києва.

У цьому зв'язку постало важливе завдання вивчення динаміки накопичення техногенного забруднення ґрунтами та зеленими насадженнями різних районів міста. Характерною відмінністю від стандартних досліджень є використання кори і листя дерев як поверхонь накопичення пилового забруднення повітря, яке осаджується на рослинах міста Києва. Кількість магнітного матеріалу, осадженого на деревах і будівлях, обернено пропорційна відстані від джерела забруднення. По мірі змивання старих частинок, на їх місце осаджуються нові. Таким чином, встановлюється певна рівноважна концентрація на поверхні [4]. Об'єктами екомагнітних досліджень виступають ґрунти, пил і бруд з доріг, кора і листя дерев.

Крім того, в аерозолях магнетит асоціює з важкими металами, такими як цинк, кадмій та хром [10] та з мутагенними органічними речовинами, також небезпечними для здоров'я людини. Концентрації важких металів у ґрунтах часто досягають критичних величин, які перевищують гранично допустимі концентрації шкідливих елементів і справляють негативний вплив на ріст рослин та здоров'я людини. Отже, одним з головних завдань екомагнітних досліджень є вивчення зв'язків між магнітними параметрами й вмістом важких металів. Потенційна кореляція очікується на підставі доведеного існування спільних частинок-носіїв антропогенних феримагнетиків і важких металів, які розповсюджуються повітряними шляхами від джерела до місця осадження. Більше того, показано, що деякі важкі метали (Pb, Cd, Zn, Cr) легко адсорбуються на поверхні оксидів заліза і можуть замінювати іони Fe у кристалічній гратці під час високотемпературного утворення летючої золи [11]. Аеротехногенне забруднення феромагнітними мінералами і важкими металами спостерігається, насамперед, у поверхневих ґрунтових горизонтах, що пояснюється адитивною дією органічної речовини з утворенням ме-

талоорганічних комплексів. Техногенний магнетит розглядається як джерело ізоморфно заміщених важких металів, що повільно поступають до ґрунту в ході руйнування мінералу.

Київ як об'єкт екомагнітних досліджень. Наголошено, що у Києві найбільший негативний вплив на стан атмосферного повітря і якість життя людей справляють саме ті техногенні чинники, наслідки яких ефективно діагностуються екомагнітним методом. Головним забруднювачем повітря по даним департаменту екологічного контролю Міністерства охорони навколишнього природного середовища України, є автомобілі. У Києві автомобільний транспорт дає 83,4 % усіх шкідливих викидів в атмосферу.

Перелік найбільш шкідливих підприємств по версії ru.wikipedia.org очолюють теплоелектроцентрالی ТЕЦ-5, ТЕЦ-6, Дарницька ТЕЦ та сміттєспалювальний завод "Енергія".

За даними Центральної геофізичної обсерваторії МНС України найбільш брудне повітря на Бессарабці, Московській площі, бульварі Лесі Українки, площі Перемоги і в районі станції метро "Святошин". Найбільш чисте повітря в Гідропарку, на проспекті Науки, національному комплексі "Експоцентр України". При цьому середньорічні показники по багатьом шкідливим речовинам тут коливаються від 1 до 1,5 ГДК, тобто перевищують норму. Рослинність паркових зон пропускає вихлопні гази на 100 м углиб парків.

Отже, територія Київської міської агломерації є еталонним об'єктом досліджень, спрямованих на розробку екомагнітної технології моніторингу екологічного стану міського довкілля.

Методи дослідження. Методика польових і лабораторних досліджень включала: 1) відбір зразків кори дерев і зразків ґрунтів з тесери цих дерев в різних районах міста Києва; 2) щомісячний (з квітня по жовтень) відбір листя в 10-ти пунктах вивчення динаміки забруднення; 3) дослідження магнітної сприйнятливості (k , χ) ґрунтів і рослин, частотної залежності магнітної сприйнятливості (k_{fd}) ґрунтів; 4) визначення валового вмісту важких металів-екотоксикантів (Pb, Cd, Zn, Ni, Cr, Cu) на зразках ґрунтів і рослинності та дослідження кореляційних зв'язків з χ .

Наразі з території Київської міської агломерації відібрано по 130 зразків ґрунтів і кори дерев з одних тих самих місць. Кора відбиралася "кільцем" з усіх боків стовбуру на висоті 1,2 м від землі, ґрунти відбиралися з зони пристовбурового стоку дерев. Для постановки екомагнітного моніторингу в місті були вибрані 10 пунктів у місцях з різним ступенем техногенного навантаження, в тому числі й фоновий пункт у парковій зоні Феофанія. У кожному з пунктів з квітня по жовтень у 2007 та 2008 рр. раз на місяць відбиралося листя каштану звичайного (*castanea vulgaris*).

В лабораторних умовах висушені проби кори, листя і ґрунтів вимірювалися на капамітку KLY-2 (Geofizyka, Чехія), після чого для них була обрахована мас-специфічна магнітна сприйнятливості ($\chi \cdot 10^{-8}$ м³/кг). ґрунти додатково досліджені на приладі Bartington MS2B (Великобританія), який працює на двох частотах (0,47 та 4,7 кГц) та дозволяє визначати частотну залежність магнітної сприйнятливості (k_{fd}) за наступною формулою:

$$k_{fd}(\%) = (k_{ff} - k_{hf}) / k_{ff} \cdot 100\%,$$

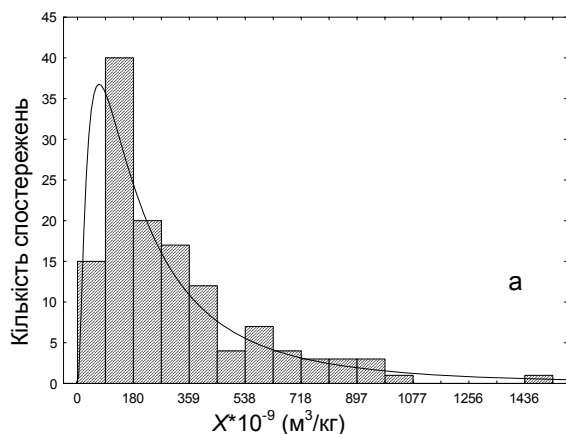
де k_{ff} та k_{hf} – відповідно низькочастотна та високочастотна магнітна сприйнятливості.

Величина k_{fd} чутлива до вмісту дрібнодисперсних суперпарамагнітних часток (розмір < 30 нм) [12], у чистих ґрунтах Лісостепу України вона складає 8...11 %, у

завдяки високому вмісту педогенних суперпарамагнетиків, у техногенно забруднених аналогах $\chi_{fd} < 2\%$ [13].

Крім того, для липневих та вересневих проб листя за 2007 р., а також для ґрунтів моніторингових пунктів визначений валовий вміст Cu, Ni, Zn, Cd, Pb. Вміст важких металів визначався в азотнокислій витяжці при наступному випаровуванні пероксиду водню. Атомно-абсорбційний аналіз проводився в полум'ї ацетеленового повітря на спектрофотометрі КАС 120 M1.

Результати дослідження. Мас-специфічна магнітна сприйнятливості є показником концентрації феримагнітних мінералів у компонентах природного середовища. У ґрунтах її створюють як первинні магнітні мінерали, успадковані від ґрунтоутворюючої породи, так і вторинні, які формуються внаслідок хімічних і бактеріологічних процесів, в результаті пожеж та діяльності магнітотактичних бактерій. Крім того, у ґрунтах мегаполісів знайдені магнітні сферули, які містяться у аеротехногенних викидах промисловості й автотранспорту [1, 2].



Саме їх концентрація найбільш правдиво відображає стан повітря в місті.

В результаті досліджень виявилося, що χ ґрунтів Києва змінюється від 7 до $260 \cdot 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$, а кори дерев – в межах $3 \dots 1500 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3/\text{кг}$. Слід враховувати, що ґрунти міста часто штучні і оцінити аеротехногенну складову в їхньому магнетизмі не завжди можливо. Досліджуючи χ кори дерев міста ми уникаємо цього ускладнення, адже магнетизм рослинності практично повністю обумовлений пиловими частками, які осаджуються на її поверхні.

Розподіли χ ґрунтів і кори близькі до логарифмічно нормальних (рис. 1), що свідчить про здатність техногенних магнітних мінералів до створення великих концентрацій і про значну диференціацію χ ґрунтів і рослинності міських територій. Інакше кажучи, саме наявність техногенних феримагнетиків обумовлює статистичну поведінку χ компонентів міського природного середовища. Розподіл концентрації магнітного забруднення подібний до розподілу низькокларкових розсіяних елементів [14].

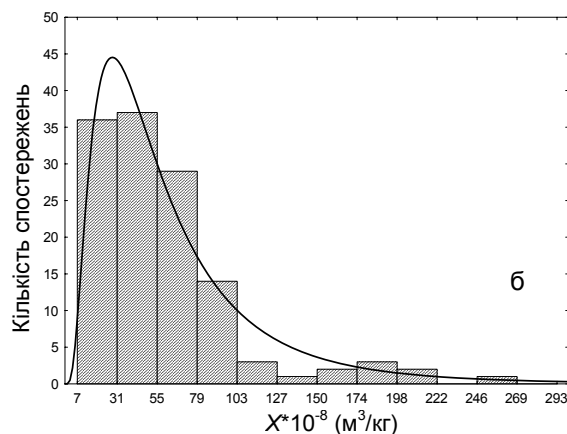


Рис. 1. Гістограми розподілу значень χ для кори (а) і ґрунтів (б)

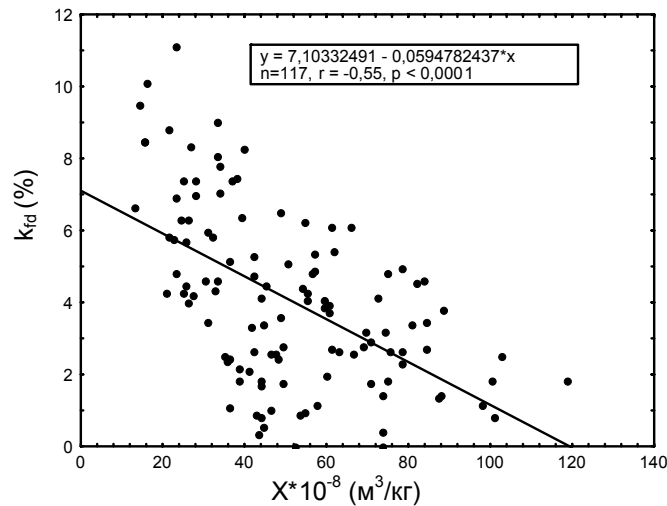
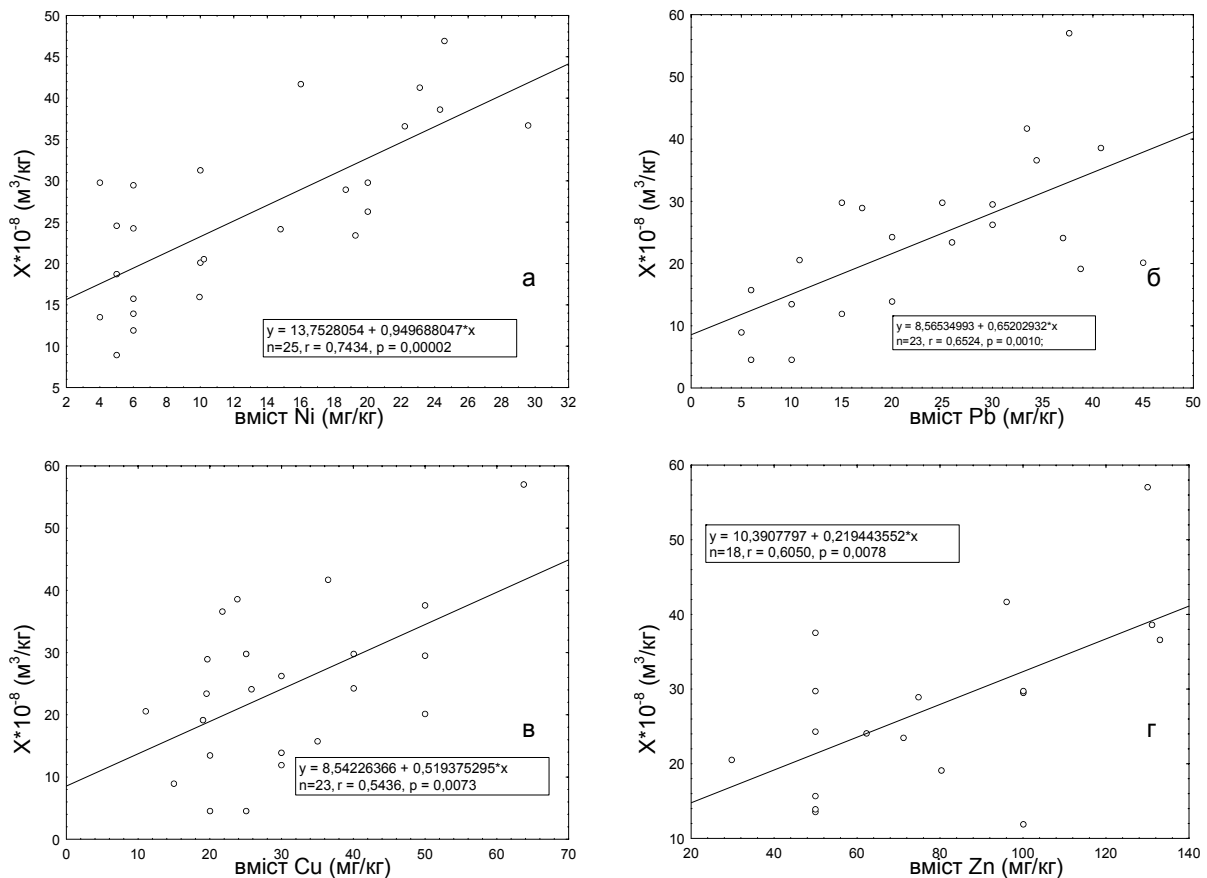
Максимальні значення χ ґрунтів і кори дерев приурочені до промислових зон і автошляхів. Мінімальні значення характерні для лісопаркових зон. На величину χ ґрунтів окрім техногенного фактора впливають також ландшафтні особливості місцевості. Ґрунти з підвищених ділянок лісових масивів (Голосіївський ліс, Національний ботанічний сад ім. М.М. Гришка) характеризуються такими ж величинами χ як і з житлових мікрорайонів, що примикають до лісових зон.

k_{fd} ґрунтів міста коливається в межах усього можливого для цієї величини діапазону, від 0 до 12 %. Цей факт свідчить про наявність в межах міста як чистих територій з природними величинами $k_{fd} \approx 8 \dots 12\%$, так і територій, де накопичення забруднення призвело до зниження k_{fd} ґрунтів. Це відбулося за рахунок збагачення ґрунтів міста більш крупними, ніж природні суперпарамагнітні, техногенними зернами магнітних мінералів.

Доказом того, що магнетизм ґрунтового покриву Київської міської агломерації в значній мірі контролюється техногенними факторами, слугує залежність, представлена на рис. 2. З аналізу виключені зразки з $\chi > 120 \cdot 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$. Як бачимо, магнітна сприйнятливості ґрунтів χ знаходиться у достатньо тісному лінійному кореляційному зв'язку з частотною залежністю k_{fd} ($r = -$

0.55). Тобто, сильномагнітні, насичені аеротехногенними випадіннями, ґрунти характеризуються заниженими значеннями k_{fd} , а ґрунти, магнітність яких визначається природним оксидогенезом заліза, мають порівняно низьку магнітну сприйнятливості і високу k_{fd} .

Одним з основних завдань екомагнетизму є визначення тих металів, вміст яких корелює з макроскопічними магнітними параметрами, такими, як магнітна сприйнятливості. В майбутньому такі кореляційні зв'язки стануть підґрунтям магнітного моніторингу екологічного стану в місті. Попередніми роботами [15] методами геохімічного картування встановлені основні елементи-забруднювачі ґрунтів Києва. Це Cu, Sn, Pb, Zn, Ag, Ni, Cr, V, Co, Mo. При чому для центральної частини міста характерні підвищені концентрації Ni, V, Cr, Cu, Pb, Zn, джерелами яких, за висновками авторів [15], є аерозолі промислових підприємств, що забруднюють повітряний басейн. Нам вдалося встановити наявність надійних кореляційних зв'язків магнітної сприйнятливості з чотирма з них – Ni, Pb, Cu, Zn (рис. 3). По інших елементах ми не мали достатньої кількості достовірних аналітичних даних.

Рис. 2. Взаємозалежність χ та K_{td} ґрунтів КиєваРис. 3. Кореляційні зв'язки вмісту деяких важких металів з χ ґрунтів Києва

З метою вивчення динаміки накопичення аеротехногенного забруднення ми протягом двох років досліджували листя каштанів у період вегетації. Опробування виконувалося як у сильно забруднених пунктах, як то Петрівка, Шулявська, бульвар Лесі Українки, Московська площа, Ленінградська площа, помірно забруднених – парк Т.Г. Шевченка, метро Чернігівська, парк Слави, порівняно чистих – Феофанія, студмістечко Київського університету.

Осереднивши дані про магнітну сприйнятливості по 10 пунктах за кожен місяць 2007 і 2008 рр. ми з'ясували,

що накопичення магнітного забруднення листям міста з високим ступенем достовірності підпорядковане експоненціальному закону (рис. 4). В усіх пунктах відбору листя спостерігалось постійне зростання χ . Виключення у деяких місцях склали літні проби, які продемонстрували менші значення χ , ніж у попередньому місяці. Припускаємо, що це пов'язано із змиванням забруднення літніми дощами, найбільша кількість яких у 2007 р. спостерігалася саме у липні, а у 2008 р. – у червні.

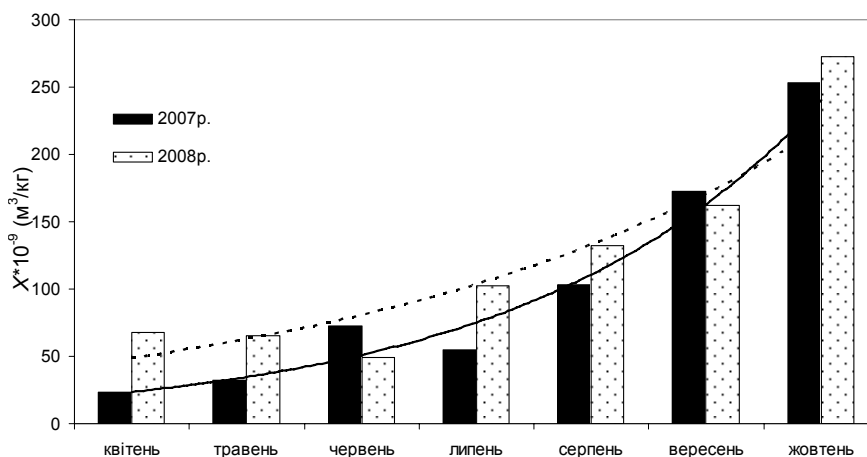


Рис. 4. Зростання χ листя каштанів Києва на протязі періоду вегетації

Спроба дослідити акумуляцію техногенних важких металів листям каштанів міста Києва у 10 пунктах за двомісячний період дала наступні результати. χ зросла в середньому в 3,4 рази. Відмічається значне зростання вмісту Zn (у 1,5 рази) та Ni (у 2,5 рази) у листі, вміст інших елементів суттєво не змінився. Отже Zn та Ni наразі найактивніше осаджуються з техногенних аерозолів.

Висновки. Магнітна сприйнятливість ґрунтів є чутливим індикатором забрудненості компонентів навколишнього середовища Київської міської агломерації. Її достатньо тісний зв'язок з частотною залежністю свідчить про переважання техногенних процесів у нагромадженні оксидів заліза у ґрунтах міста. Значуща кореляція магнітної сприйнятливості з вмістом Ni, Pb, Cu, Zn є вагомим передумовою застосування екомагнітної технології для контролю екологічного стану в місті Києві.

Екомагнітне картування доцільно проводити не по ґрунтах, а по корі дерев, адже її магнетизм практично повністю зумовлений техногенною складовою. Листя є задовільним акумулятором магнітного забруднення і дозволяє вивчати динаміку його накопичення. Важливо, що магнітна сприйнятливість зразків кори, як і зразків листя, може успішно вимірюватися доступними комерційними приладами.

Визначення важких металів частково виконані доц. Ю.М. Дмитруком (Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича).

Дослідження проведено в рамках комплексної наукової програми "Надра", тема 06БФ049-02.

1. Evans M. E., Heller F. Environmental magnetism. Principles and Applications of Enviromagnetics. – International Geophysics series, v. 86, Elsevier science (USA), 2003. – 299 .2. Petrovský E. and Ellwood B.B.,

1999. Magnetic monitoring of air-, land- and water pollution. In: Maher B.A. and Thopson R. (Eds.), Quaternary Climates, Environments and Magnetism. Cambridge University Press, Cambridge, 279–322. 3. Kapicka A., Jordanova N., Petrovský E. and Ustjak S., 2000. Magnetic stability of power-plant fly ash in different soil solutions. Phys. Chem. Earth (A), 25, 431–436. 4. Flanders, P. J. Collection, measurement and analysis of airborne magnetic particulates from pollution in the environment. Journal of Applied Physics 75, 5931–5936, 1994. 5. Matzka, J., & Maher, B. A. (1999). Magnetic biomonitoring of roadside tree leaves, identification of spatial and temporal variations in vehicle-derived particulates. Atmospheric Environment, 33, 4565–4569. 6. Muxworthy, A., Schmidbauer, E., & Petersen, N. (2002). Magnetic properties and Mossbauer spectra of urban atmospheric particulate matter, a case study from Munich, Germany. Geophysical Journal International, 150, 558–570. 7. Pope, III, C. A., Burnett, R. T., Thun, M. J., Calle, E. E., Krewski, D., Ito, K., et al. (2002). Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. Journal of the American Medical Association, 287, 1132–1141. 8. Harrison, R. M., & Yin, J. (2000). Particulate matter in the atmosphere: Which particle properties are important for its effects on health. The Science of the Total Environment, 249, 85–101. 9. Wichmann, H. E., & Peters, A. (2000). Epidemiological evidence of the effects of ultra fine particle exposure. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, A358, 2751–2769. 10. Georgeaud, V. M., Rochette, P., Ambrosi, J. P., Vandamme, D., & Williamson, D. (1997). Relationship between heavy metals and magnetic properties in a large polluted catchments, the Etang de Berre (South France). Physics and Chemistry of the Earth, 22(1–2), 211–214. 11. Strzyszczyk Z., Magiera T. and Heller F., 1996. The influence of industrial immissions on the magnetic susceptibility of soils in Upper Silesia. Stud. Geophys. Geod., 40, 276–286. 12. Bloemendal J., Barton CE, Radhakrishnamurthy C (1985) Correlation between Rayleigh loops and frequency dependent and quadrature susceptibility: applications to magnetic granulometry of rocks. Geophys Res 90:8789–8792. 13. Dearing JA (1999) Environmental magnetic susceptibility using the Bartington MS2 System. Chi Publishing, Kenilworth, p 54. 14. Гладышева М.А., Иванов А.В., Строганова М.Н. Выявление ареалов техногенно-загрязненных почв Москвы по их магнитной восприимчивости // Почвоведение, 2007, №2, с.235–242. 15. Зарицкий А.И., Лысяный Н.Н., Абрамис А.Я. и др. Геохимические аспекты состояния геологической среды Киевской промышленно-городской агломерации // Геол. журн. – 1991. №2. – с.34–42.

Надійшла до редколегії 27.12.09