

## МОНІТОРИНГ ЗАБРУДНЕНOSTI ПОВІТРЯНОГО БАСЕЙНУ КИЄВА ЗА МАГНІТНОЮ СПРИЙНЯТЛИВІСТЮ ҐРУНТІВ І РОСЛИННОСТІ

© К.М. Бондар, І.В. Віршило, І.Р. Стахів, І.В. Слободяник, 2011

*Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна*

We have examined magnetic susceptibility ( $\chi$ ) of soils and barks sampled at more than 400 locations in the western part of Kyiv. According to the obtained maps zones of strongly enhanced values of magnetic susceptibility of soils and barks are located along the roads, in the districts with heavy traffic and near powerplants. Magnetic susceptibility of barks is strongly controlled by airborne particles and better reflects air pollution unlike magnetic susceptibility of soils. Dynamics of pollution accumulation on leaves depends on rainfall intensity and on anthropogenic impact.

**Keywords:** magnetic susceptibility, mapping, megalopolis, soil, bark, leaves.

**Вступ.** У великих мегаполісах гостро стоїть проблема оцінки рівня забруднення атмосферного повітря. Рівень забрудненості повітряного середовища міста Києва, незважаючи на різке скорочення обсягів викидів шкідливих речовин в атмосферу, залишається досить високим [1]. У зв'язку з бурхливим зростанням транспортних потоків на вулицях Києва одним з основних забруднювачів навколишнього середовища поступово стає автотранспорт [1].

Ефективний моніторинг стану міського довкілля, зокрема повітряного басейну, можливий у разі застосування екомагнітного методу, за допомогою якого вимірюють магнітні властивості ґрунтів, рослин, пилу і бруду [2]. Відомо, що ґрунти і рослинний покрив в індустріальних регіонах і великих мегаполісах накопичують техногенні речовини, що випадають з повітря і змінюють фізичні властивості цього середовища [3, 4]. Із магнітних параметрів, які характеризують ступінь техногенного навантаження на міське довкілля, найуживанішою і найінформативнішою є мас-специфічна магнітна сприйнятливості ( $\chi$ ) [2]. Її підвищення зумовлено, зокрема, наявністю в аерозолях техногенного магнетиту, який асоціює з важкими металами та мутагенними органічними речовинами, небезпечними для здоров'я людини [5].

Ми порівняли карти магнітної сприйнятливості правобережної частини міста Києва, складені на підставі лабораторних вимірювань зразків ґрунтів і кори дерев. У статті також представлені результати дослідження процесу накопичення феромагнітного забруднення листям дерев упродовж періоду вегетації.

**Територія і методи дослідження.** Територія опробування охоплює правобережну частину міста Києва. В її межах розташовані автомагістралі з інтенсивним транспортним рухом, ділові райони, "спальні" житлові масиви, промислові зони. Крім автомобільного транспорту найбільшу кількість газопилових викидів, що містять тверді часточки,

у повітря емітують теплові електростанції та сміттєспалювальні заводи. Отже, найбільш негативно впливають на стан атмосферного повітря в місті Києві чинники, для моніторингу яких успішно застосовують екомагнітні методи.

Кількість техногенних магнітних часточок у повітряному басейні міста оцінено на підставі вимірювань мас-специфічної магнітної сприйнятливості ґрунтів, кори дерев і листя. З метою екомагнітного картування зразки відбирали по мережі опробування рівномірної густини. Всього у 400 пунктах були відібрані пари зразків кора + ґрунт. Кору відбирали "паском" на висоті 1,2 м над рівнем ґрунту, ґрунт – із зон поверхневого стоку біля стовбурів дерев [6].

З метою дослідження динаміки накопичення техногенного забруднення відібрано зразки листя каштанів (*Castanea vulgaris*) в 11 пунктах кожного місяця у періоді з квітня по жовтень 2007–2008 р. У лабораторних умовах визначали мас-специфічну магнітну сприйнятливості ( $\chi$ ) висушеного та подрібненого матеріалу на приладі KLY-2 (Geofizyka, Brno). Просторовий аналіз розподілу  $\chi$  ґрунтового та рослинного покриву міста виконано в автоматизованій системі ArcGIS.

**Результати екомагнітного картування правобережної частини міста Києва.** Установлено, що параметр  $\chi$  ґрунтів змінюється від 7 до  $960 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3/\text{кг}$ , за медіанного значення  $420 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3/\text{кг}$  для кори дерев має медіанну величину  $220 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3/\text{кг}$ , і діапазон від 3 до  $1750 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3/\text{кг}$ . Важливо відзначити, що ґрунти в місті часто штучні, тобто перемішані або містять домішки завезеного матеріалу. Відтак їх власний магнетизм часто невідомий, і тому неможливо надійно встановити величину техногенної компоненти. Досліджуючи магнітну сприйнятливості кори дерев, уникаємо цього ускладнення, оскільки магнетизм рослинності повністю зумовлений твердими техногенними часточками, що осідають на поверхні.

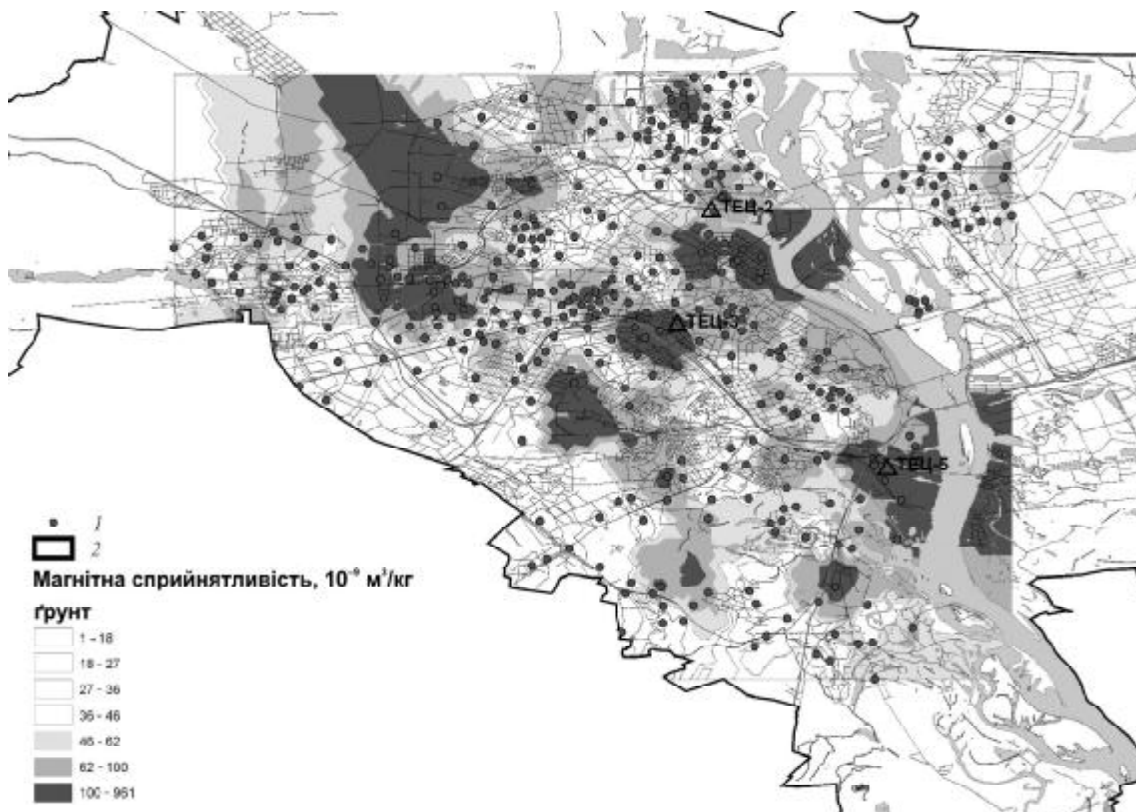


Рис. 1. Карта мас-специфічної магнітної сприйнятливості ґрунтів правобережної частини міста Києва: 1 – пункт відбору; 2 – межа міста

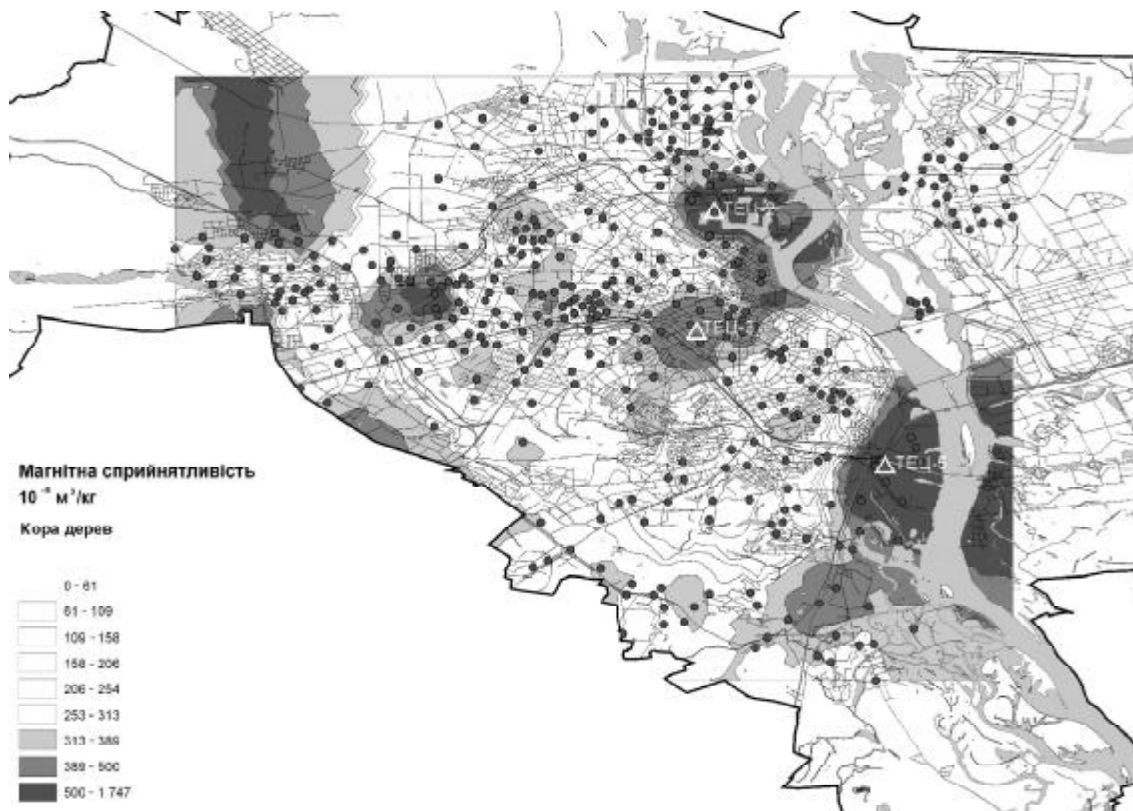


Рис. 2. Карта мас-специфічної магнітної сприйнятливості кори дерев правобережної частини міста Києва. Умовні позначення див. на рис. 1

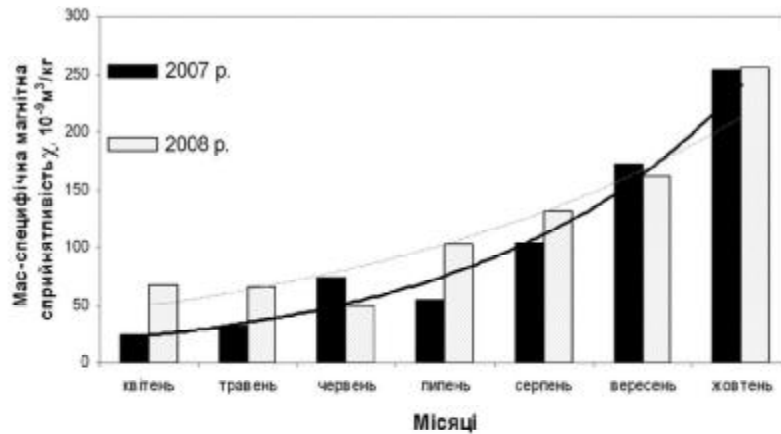


Рис. 3. Зростання  $\chi$  листя каштанів Києва протягом періоду вегетації

Результати просторового моніторингу параметра  $\chi$  представлені у вигляді карт, розроблених в автоматизованій системі ArcGIS (рис. 1, 2).

На рис. 1 видно, що підвищені значення параметра спостерігаються у центральній частині міста, в зонах впливу одразу кількох джерел магнітного забруднення. Плями високих концентрацій магнітних часточок скупчуються навколо теплових електростанцій (ТЕЦ-2, ТЕЦ-3, ТЕЦ-5) і районів з високим транспортним навантаженням. Аномалія у південній частині міста відповідає промисловій зоні, в якій розташовані теплова електростанція ТЕЦ-5 та асфальтобетонний завод. Помірні значення  $\chi$  спостерігаються у житлових масивах і на околиці міста. На ділянках з підвищеним рельєфом у чистих лісопаркових зонах міста відзначається невелике природне підвищення  $\chi$  ґрунтів.

На карті розподілу параметра  $\chi$  кори дерев видно, що його аномалії тісніше пов'язані з тепловими електростанціями, ніж аномалії  $\chi$  ґрунтів. Це нашоухує на висновок про домінування ТЕЦ серед джерел-забруднювачів повітряного середо-

вища міста твердими магнітними часточками. У ділових районах і навколо завантажених автошляхів, яким є, наприклад окружна дорога міста, відзначаємо підвищення  $\chi$  кори дерев. Порівняно низькі значення цього параметра кори фіксуємо у “спальних” житлових масивах, ботанічних садах і великих парках міста.

**Моніторинг акумуляції забруднення.** Аеротехногенні магнітні часточки, які осаджуються на листі дерев у місті, утворюють значущі величини мас-специфічної магнітної сприйнятливості. Дослідивши параметр  $\chi$  листя *Castanea vulgaris* з 11 пунктів, ми з'ясували, що накопичення забруднення відбувається за експоненційним законом (рис. 3). Величини  $\chi$  листя суттєво відрізняються для “чистих” і “брудних” районів. Пункти з інтенсивним техногенним навантаженням, такі як Лиса гора біля промислової зони, де розташована ТЕЦ-5, або Петрівка, де постійно рухається велика кількість автомобільного транспорту, характеризуються значним зростанням  $\chi$  листя протягом періоду вегетації (рис. 4). Внесок природного пилу, що переноситься у повітрі, порівняно не-

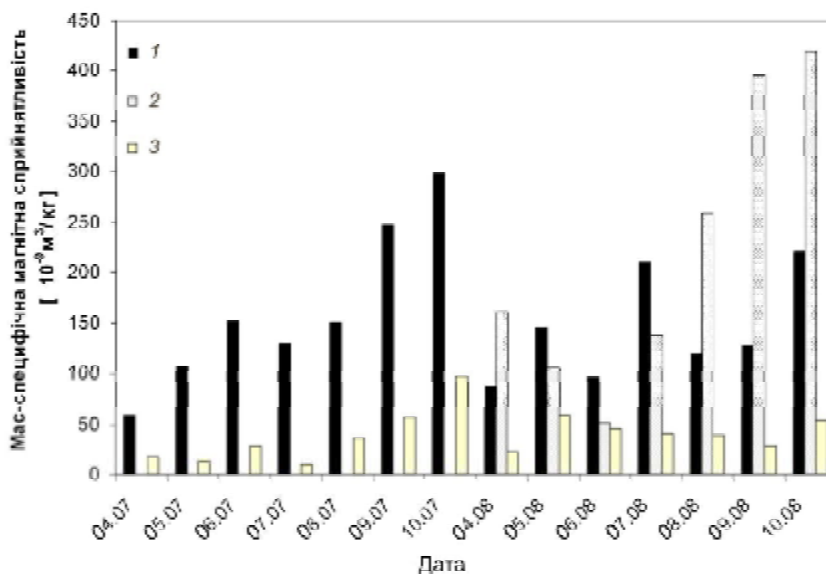


Рис. 4. Розподіл  $\chi$  листя протягом квітня–жовтня 2007 і 2008 рр. у забруднених і чистих пунктах відбору: 1 – Петрівка (інтенсивний транспортний рух); 2 – Лиса гора (біля електростанції); 3 – Сад Феопанія (чистий пункт)

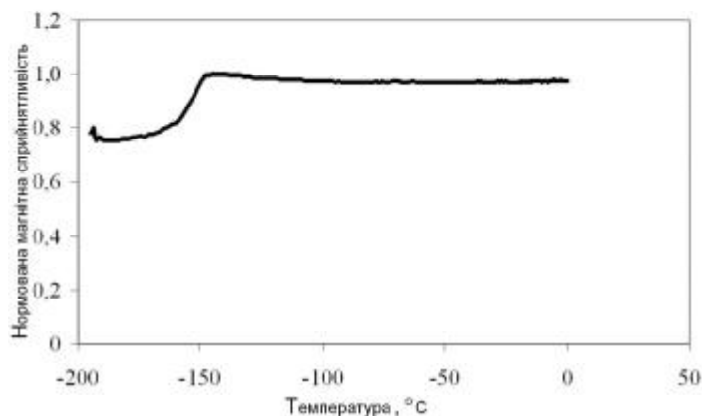


Рис. 5. Крива низькотемпературної залежності магнітної сприйнятливості зразка 22 кори дерев, відібраного поблизу ТЕЦ-5

ликий, як, наприклад, у пункті в лісопарковій зоні Феофанія. Усереднені дані по 10 пунктах свідчать, що  $\chi$  листя була мінімальною у липні 2007 р. та червні 2008 р. — місяцях з найбільшою кількістю дощів, які змивали забруднення.

**Мінералогія магнітного забруднення.** З метою з'ясування магнітно-мінерального складу аеротехногенного пилу виконано низькотемпературні дослідження магнітної сприйнятливості в процесі нагрівання зразків кори дерев від температури рідкого азоту ( $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) до кімнатної температури на обладнанні KLY-3 (Agico) з приставкою CS-3. На жаль, характеристики більшості зразків кори перебувають поза межами чутливості вимірювальної апаратури. Однак для зразка, відібраного у промисловій зоні біля ТЕЦ-5, вдалося отримати чітку криву (рис. 5). На цьому рисунку добре виділяється характерний перегиб в околі температури Вервея магнетиту ( $-150\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Пік Вервея характерний для багатодомених магнетитів [7], які зазвичай входять до складу магнітних сферул, що викидаються теплоелектростанціями.

#### Висновки.

1. Промислові та транспортні аеротехногенні викиди спричиняють підвищення мас-специфічної магнітної сприйнятливості листя і кори дерев, яке може бути надійно виміряне за допомогою комерційних приладів.
2. Теплові електроцентралі є основним джерелом магнітного забруднення в місті Києві. Тверді часточки, емітовані в повітря цими підприємствами, містять багатодомений магнетит.

3. Карти мас-специфічної магнітної сприйнятливості кори дерев і ґрунтів відображають екологічний стан повітряного басейну Києва.

1. *Вишва С.А., Жуков М.Н.* Критичний стан повітряного середовища Києва. Прогнозні оцінки впливу на 2012 рік // *Геоінформатика*. — 2008. — № 4. — С. 69–78.
2. *Evans M.E., Heller, F.* Environmental Magnetism. — San Diego; London; Burlington: Acad. Press, 2003.
3. *Petrovský E., Kapičková A., Jordanova N., Knab M., Hoffmann V.* Low-field magnetic susceptibility: a proxy method of estimating increased pollution of different environmental systems // *Environ. Geol.* — 2000. — **39**. — P. 312–318.
4. *Prajapati S.K., Tripathi B.D.* Management of hazardous road derived respirable particulates using magnetic properties of tree leaves // *Environ. Monit. Assess.* — 2008. — **139**. — P. 351–354.
5. *Georgeaud V.M., Rochette P., Ambrosi J.P. et al.* Relationship between heavy metals and magnetic properties in a large polluted catchments, the Etang de Berre (South France) // *Physics and Chemistry of the Earth*. — 1997. — **22**, № 1–2. — P. 211–214.
6. *Klučiarová D., Márton P., Pichler V. et al.* Pollution detection by magnetic susceptibility measurements aided by the stemflow effect // *Water Air Soil Pollut.* — 2008. — **189**. — P. 213–223.
7. *Van Velzen A.J., Dekkers M.J.* The incorporation of thermal methods in mineral magnetism of loess-paleosol sequences: a brief overview // *Chinese Sci. Bull.* — 1999. — **44**. — P. 53–63.

Надійшла до редакції 23.03.2011 р.

*К.М. Бондар, І.В. Вірило, І.Р. Стахів, І.В. Слободяник*

### **МОНІТОРИНГ ЗАБРУДНЕНОСТІ ПОВІТРЯНОГО БАСЕЙНУ КИЄВА ЗА МАГНІТНОЮ СПРИЙНЯТЛИВІСТЮ ҐРУНТІВ І РОСЛИННОСТІ**

Досліджено магнітну сприйнятливість пар зразків кора – ґрунт, відібраних більше ніж у 400 пунктах у правобережній частині міста Києва. Згідно з отриманими картами, зони підвищених значень магнітної сприйнятливості ґрунтів і кори дерев розташовані уздовж автострад, у районах з інтенсивним транспортним навантаженням і навколо теплових електростанцій. Магнітну сприйнятливості кори дерев, спричинену виключно аеротехногенними випадіннями, визнано найінформативнішим показником забрудненості повітряного басейну міста твердими часточками. Динаміка акумуляції забруднення на листі залежить як від рівня атмосферних опадів, так і від техногенного тиску в місці опробування.

**Ключові слова:** магнітна сприйнятливості, картування, мегаполіс, ґрунт, кора, листя.

*К.М. Бондарь, И.В. Вирило, И.Р. Стахив, И.В. Слободяник*

### **МОНІТОРИНГ ЗАГРЯЗНЕННЯ ВОЗДУШНОГО БАСЕЙНА КИЄВА ПО МАГНІТНОЇ ВОСПРИЙМЧИВОСТІ ПОЧВ И РАСТИТЕЛЬНОСТІ**

Изучена магнитная восприимчивость пар образцов кора – почва, отобранных более чем в 400 точках в правобережной части города Киева. Согласно полученным картам, зоны повышенных значений магнитной восприимчивости почв и коры деревьев расположены вдоль автострад, в районах с интенсивной транспортной нагрузкой и вокруг тепловых электростанций. Магнитная восприимчивость коры деревьев, обусловленная исключительно аеротехногенными выпадениями, признана наиболее информативным показателем загрязненности воздушного бассейна города твердыми частицами. Динамика аккумуляции загрязнения на листе зависит как от уровня атмосферных осадков, так и от техногенного давления в месте опробования.

**Ключевые слова:** магнитная восприимчивость, картирование, мегаполис, почва, кора, листья.