

ОЦЕНКА НА АНТРОПОГЕННОТО ЗАМЪРСЯВАНЕ В СОФИЙСКИТЕ ПАРКОВЕ БОРИСОВА ГРАДИНА, ЗООЛОГИЧЕСКА ГРАДИНА И ЛОВЕН ПАРК

Антония Мокрева¹, Нели Йорданова², Велимира Стоянова²

¹Институт за изследвания на климата, атмосферата и водите – Българска академия на науките

²Национален институт по геофизика, геодезия и география – Българска академия на науките
e-mail: antoniamokreva@abv.bg; neli_jordanova@hotmail.com; stoyanovavelimira@gmail.com

Ключови думи: градско замърсяване, градски паркове, магнитни свойства, почви

Резюме: Целта на настоящото изследване е да се направи оценка на антропогенното замърсяване с помощта на магнитометричния метод на Софийските паркове – Борисова градина, Зоологическа градина и Ловен парк. Изследването на 3-те парка показва, че най-висока степен на замърсяване се наблюдава в почвите, които са в непосредствена близост до големи транспортни артерии, минаващи през или покрай изследваните паркове. Наблюдава се и локално замърсяване по протежение на някои от главните вътрешно паркови алеи, свързано с наличие на увеселителни съоръжения. В най-силно замърсените проби има пренебрежимо малко количество фини суперпарамагнитни частици и магнитната минералогия се доминира от едри многодоменни силномагнитни частици. При пробите със средна магнитната възприемчивост се забелязват както случаи с доминираща минералогия на едри частици, така и такива, в които има смес от по-едри (вероятно антропогенни) и по-дребни (литогенни) частици. В слабо замърсените проби доминират суперпарамагнитни частици с педогенен произход. Изследването на магнетизма на почвите от трите софийски градски парка демонстрира високата ефективност на магнитния метод като чувствителен индикатор за антропогенното замърсяване на почвата.

ASSESSMENT OF ANTHROPOGENIC POLLUTION IN THE SOFIA PARKS BORISOVA GARDEN, ZOO AND HUNTING PARK

Antonia Mokreva¹, Neli Jordanova², Velimira Stoyanova²

¹Climate, Atmosphere and Water Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences

²National Institute of Geophysics, Geodesy, and Geography – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: antoniamokreva@abv.bg; neli_jordanova@hotmail.com; stoyanovavelimira@gmail.com

Keywords: urban pollution, urban parks, magnetic properties, soils

Abstract: The purpose of this study is to assess anthropogenic pollution of Sofia Parks - Borisova Garden, Zoo and Loven Park, using the magnetometric method. The analysis of samples collected from these parks shows that the highest degree of pollution is observed in the soils, being near large transport arteries passing through or along with the parks. There is also local pollution along some of the main internal alleys, associated with the existing entertainment facilities. The most heavily contaminated samples have a negligible amount of fine super-paramagnetic particles, and their magnetic mineralogy is dominated by large amount of multi-domain magnetic particles. This result is consistent with the hypothesis that the magnetic signal of the transport emissions is mainly due to multi-domain magnetite. Some of the samples with medium magnetic susceptibility are dominated by large particles, while others are a mixture of larger (probably anthropogenic) and smaller (probably lithogenic) particles. The study of soil magnetism from the three Sofia city parks demonstrates the high efficiency of the magnetic method as a sensitive indicator of anthropogenic soil pollution.

Въведение

Проблемите на замърсяването на околната среда придобиват голямо значение, особено през последните десетилетия на интензивна урбанизация и индустриализация. Особено актуален е проблемът за замърсяването на градската среда, където от голямо

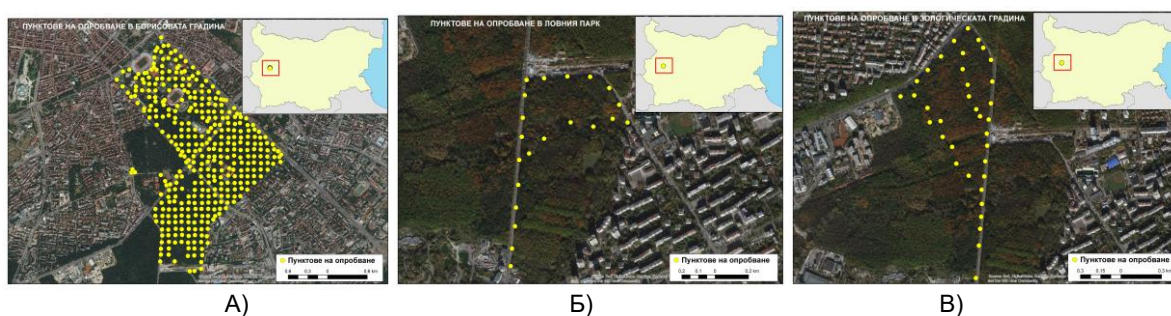
значение са многобройните източници на антропогенно замърсяване – транспорт, индустриални дейности, производство на електроенергия, отоплителни инсталации и други емисии от човешката дейност. Проблемът за замърсяването на околната среда в България е сред най-актуалните. Страната ни е с най-висока степен на замърсяване с фини прахови частици (ФПЧ) в градовете измежду страните, членки на ЕС (WHO, 2016). Това налага да се изследва и оценява антропогенното замърсяване на почвите и седиментите.

От 90-те години на XX век, широко разпространение за оценка на степента на антропогенно замърсяване на почви, седименти, растителни и прахови проби получава магнитометричният метод. През последните години в Европа, а също и у нас този метод се прилага за установяване на степента на замърсяването на почви и седименти. Магнитната възприемчивост може да помогне за идентифициране на региони, където почвите съдържат по-високи от средните концентрации летлива пепел и други антропогенни прахове (King et al., 1982; King and Channell, 1991; Dearing et al., 1996; Jordanova et al., 2013; Jordanova et al., 2014; Jordanova et al., 2016; Jordanova et al., 2017).

Целта на настоящото изследване е да се направи оценка на антропогенното замърсяване с помощта на прилагането на магнитометричния метод в различни части на три Софийски парка – Борисова градина, Зоологическа градина и Ловен парк.

Данни и методи

В периода октомври 2016 г. – февруари 2017 г. са събрани и изследвани магнитните характеристики на 453 проби в мрежа от 100x100 m от повърхностния 0-2 cm почвен слой от Борисова градина, Зоологическа градина и Ловен парк в София (Фиг. 1). От Борисовата градина са събрани 396 проби, от Ловния парк – 21 проби и от парк Зоологическа градина – 36 проби.

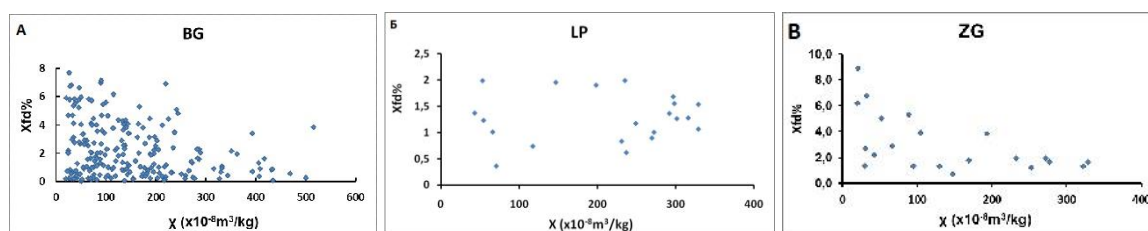


Фиг. 1. Райони на изследване – А) – Борисова градина, Б) – Ловен парк, В) – Зоологическа градина с отбелязани локалитети на взетите почвени проби

В лабораторни условия материалът е изсушен, отделени са едрите скални късове, а останалият насипен материал е стрит и пресят през сито с размер на отвора 1 mm. Тази фракция е използвана за магнитните измервания, проведени в Палеомагнитната Лаборатория на НИГГГ-БАН. Определени са следните магнитни параметри – магнитна възприемчивост (X), изотермична остатъчна намагнитеност (IRM2T), безхистерезисна намагнитеност (ARM), процент честотно-зависимата магнитна възприемчивост ($X_{fd}\%$). Първите два параметъра дават информация за концентрацията на оксидите на желязото, докато последните два зависят главно от размера на ферромагнитните частици.

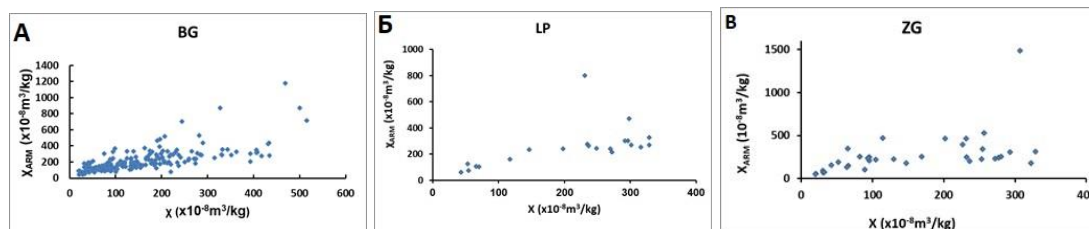
Резултати

На Фиг. 2 е илюстрирана зависимостта между магнитната възприемчивост (X) и процент честотно-зависимата магнитна възприемчивост ($X_{fd}\%$) за изследваните проби от района на трите парка.



Фиг. 2. Зависимост между магнитната възприемчивост (X) и процент честотно-зависимата магнитна възприемчивост ($X_{fd}\%$); А – Борисова градина, Б - Ловен парк, В – Зоологическа градина

В Борисовата градина (Фиг. 2А) се забелязват две групи проби с отличаващи се свойства. Тези от пробите, за които магнитната възприемчивост е по-ниска от $250 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ имат процент честотно-зависима възприемчивост, която варира в сравнително широк интервал (между 0 и 8%). Пробите, за които магнитната възприемчивост е по-висока от $250 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ имат процент честотно-зависима магнитна възприемчивост, която варира в сравнително потесен интервал (между 0 и 4%), Нещо повече, почти всички проби, които имат магнитна възприемчивост над $250 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ се характеризират с процент честотно-зависима магнитна възприемчивост под 2%, Това е индикация, че в силно замърсените проби има пренебрежимо малко количество суперпарамагнитни частици и магнитната минералогия се доминира от едри силномагнитни частици. От друга страна, при пробите с магнитна възприемчивост по-малка от $250 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ се забелязват както проби с доминираща минералогия на едри частици, така и проби, за които има смесица от по-едри (вероятно антропогенни) и по-дребни (вероятно педогенни) частици. За разлика от пробите от парк Борисова градина, при тези от Ловния парк (Фиг. 2Б) процент честотно-зависимата магнитна възприемчивост е по-малка от 2%. Това е индикация за пренебрежимо малко съдържание на магнитна фракция от дребни суперпарамагнитни частици и за доминация на едрите силномагнитни частици. Трябва да се отбележи, че за разлика от парковете Борисова градина и Зоологическа градина, пробите от Ловен парк са взети само от периферията на транспортните артерии (липсват проби от вътрешността на парка). Очевидно магнитните частици в изследваните проби от Ловен парк са с източник от транспортния трафик, което обяснява големите им размери. От графиката на Зоологическата градина (фиг. 2В) се идентифицират две групи проби. При тези с магнитна възприемчивост над $110 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ всички стойности на процент-честотно зависимата магнитната възприемчивост са под 2% (с изключение на една единствена проба с по-голяма стойност на $X_{fd}\%$). В тези проби доминира магнитна фракция с големи размери на частиците (дължащи се вероятно на емисиите от транспортния трафик в района). При пробите с магнитна възприемчивост под $110 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ се забелязват по-високи стойности на процент честотно-зависимата магнитната възприемчивост (достигаща до 9%). Тази група относително по-слабо замърсени проби е взета от вътрешността на парка, на известно разстояние от основните транспортни артерии в района. При тях магнитният сигнал се дължи на смесица от по-едри магнитни частици (от антропогенен произход, свързани с транспортния трафик) и по-дребни суперпарамагнитни частици (вероятно с педогенен характер).

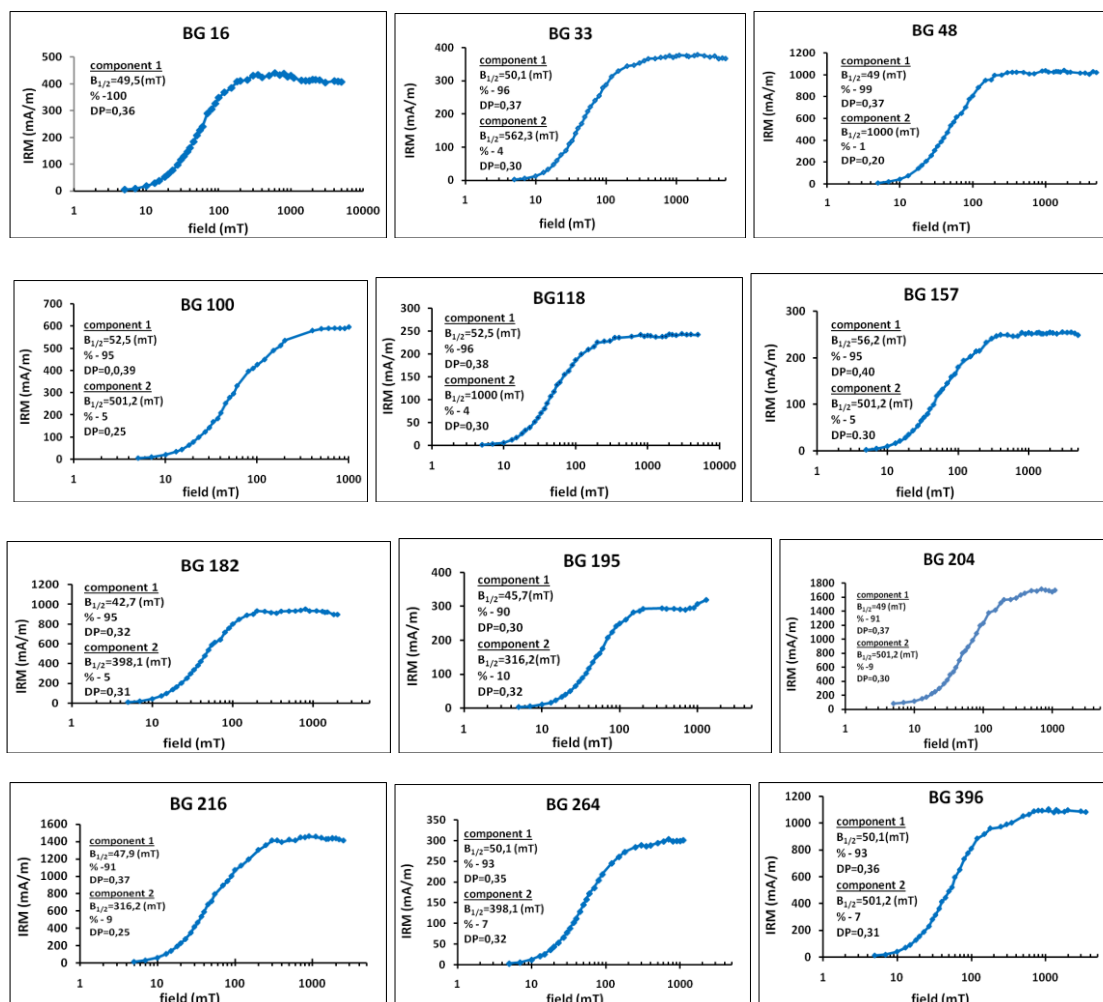


Фиг. 3. Зависимост между магнитната възприемчивост X и безхистерезисната магнитна възприемчивост X_{ARM} ; А – Борисова градина, Б - Ловен парк, В – Зоологическа градина

На Фиг. 3А, Б, В са илюстрирани зависимостите между безхистерезисната магнитна възприемчивост X_{ARM} и магнитната възприемчивост X (диаграма на Кинг) за трите софийски градски парка (Борисова градина, Зоологическа градина и Ловен парк). От тези графики може да се определят размерите на частиците, които носят безхистерезисната остатъчна намагнитеност (най-стръмен наклон е характерен за най-финните частици, а най-малък наклон е характерен за едрите частици). От графиките се забелязва, че и за трите парка наклонът на диаграмите на Кинг е най-голям за ниски стойности на магнитната възприемчивост ($X < 100 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$). Това означава, че частиците с най-ниска магнитна възприемчивост имат най-малки размери. Съответно, това потвърждава извода, че намагнитеността се носи преимуществено от частици с големи размери и за трите градски парка.

За да се идентифицират магнитните минерали в почвените проби от парк Борисова градина, за избрани 12 проби -бе проведено стъпково изотермично намагнитване (IRM) до максимално поле от 5Т (Фиг. 4). Вижда се, че за почти всички образци IRM достига насищане относително бързо, при стойности от около 200 мТ. Това показва, че магнитния сигнал се доминира от магнитно меки минерали, насищащи се в слаби магнитни полета (магнетит/магхемит). Във всички 12 проби магнитно меката компонента е над 90 % от общата IRM, а в един от случаите тя достига 100% от общата IRM. Коерцитивността на IRM компонента 1, дефинирана от параметъра $B_{1/2}$ (Kruiver et al., 2001), варира в тесни граници (между 42,7 мТ и 56,2 мТ). Такива стойности на коерцитивността са характерни за минерали от типа на

магнетита. Следователно, резултатите от стъпковото изотермично намагнитване показват, че доминиращият магнитен минерал е магнетит/магхемит. В почти всички проби присъства и втора магнитно твърда компонента. Нейният принос обаче не надхвърля 10% при никоя от пробите. В два от случаите (проби BG48 и BG118) коерцитивността на втората компонента, изразена посредством параметъра $B_{1/2}$ е 1000 mT, която съответства на железния хидроокис гътит. Това е индикация за присъствието в пробата на слабо магнитна висококоерцитивна фракция В останалите случаи коерцитивността на втората компонента, изразена посредством параметъра $B_{1/2}$ варира между 316,2 mT и 562,3 mT, което съответства на минерала хематит (Kruiver et al., 2001).



Фиг. 4. Криви на придобиване на IRM от парк Борисова градина

Заклучение

В заключение могат да се направят следните обобщени изводи за замърсяването на изследваните паркове в гр. София. Анализът на магнетизма на почвите от трите софийски градски парка демонстрира високата ефективност на магнитния метод като чувствителен индикатор за антропогенното замърсяване на почвата. Резултатите от магнитните изследвания, направени в нашето проучване доказват, че основният замърсител е автомобилният транспорт. Най-висока степен на замърсяване се наблюдава при почвите, които са в непосредствена близост до големи транспортни артерии, минаващи през или покрай изследваните паркове. С отдалечаване от транспортните артерии степента на антропогенното натоваарване намалява. Наблюдава се и локално замърсяване по протежение на някои от главните вътрешно паркови алеи, свързано с наличие на увеселителни съоръжения.

В най-силно замърсените проби има пренебрежимо малко количество суперпарамагнитни частици и магнитната минералогия се доминира от едри многодоменни силномагнитни частици. Този резултат е в съответствие с хипотезата, че автомобилният трафик е основния източник на замърсяване и факта, че магнитният сигнал на автомобилните

емисии се дължи преимуществено на магнетит с многодоменни размери. При пробите с ниска и средна магнитната възприемчивост се забелязват както проби с доминираща минералогия на едри частици, така и проби, за които има смесица от по-едри (вероятно антропогенни) и по-дребни (вероятно литогенни) частици. В слабо замърсените проби може да се идентифицират суперпарамагнитни частици с литогенен произход.

Литература:

1. Dearing, J. A., R. J. L. Dann, Hay K., J. A. Lees, P. J. Loveland, B. A. Maher and K. O'Grady,. Frequency-dependent susceptibility measurements of environmental materials. *Geophys. J. Int.*, 127, 228–240, 1996
2. King, J.W., S.K. Banerjee, J.A. Marvin and Ö. Ozdemir. A comparison of different magnetic methods for determining the relative grain size of magnetite in natural materials: some results from lake sediments, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 59, 404–419, 1982
3. King, J. and J. Channell. Sedimentary magnetism, environmental magnetism, and magnetostratigraphy. In: U.S. National Report to the International Union of Geodesy and Geophysics, *Rev. Geophys. Suppl.*, 29, 358–370. 1991
4. Kruiver, P. P., Dekkers M.J., Heslop D.. Quantification of magnetic coercivity components by the analysis of acquisition curves of isothermal remanent magnetisation. *Earth and Planetary Science Letters* 189 269–276. 2001
5. Jordanova, D., S.R. Goddu, T. Kotsev and N. Jordanov,. Industrial contamination of alluvial soils near Fe-Pb mining site revealed by magnetic and geochemical studies. *Geoderma*, 237–248. 2013
6. Jordanova, D., N. Jordanova, and P. Petrov. Magnetic susceptibility of road deposited sediments at a national scale - Relation to population size and urban pollution. *Environmental Pollution*, 189, 239–251, 2014
7. Jordanova, N. and D. Jordanova. Rock-magnetic and geochemical characteristics of relict Vertisols signs of past climate and recent pedogenic development. *Geophysical Journal International* vol. 205, Oxford University Press, ISSN:0956-540X, DOI:10.1093/gji/ggw067, 1437–1454, 2016
8. Jordanova, N. *Soil Magnetism. Applications in Pedology, Environmental Science and Agriculture*. London-San Diego-Cambridge-Oxford, Academic Press, Elsevier, 466 p., 2017.