Magnetic enhancement of wildfire affected soils and vegetation

Bozhurka Georgieva [1, 2], Neli Jordanova[1], Diana Jordanova [1], Petar Petrov[1]

[1] National Institute of Geophysics, Geodesy and Geography, Bulgarian Academy of Sciences, e-mail bojurkageorgieva97@abv.bg
[2] University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski",

Key words: forest fires, burned soils, magnetic properties, plant ash

Abstract
Wildfires pose one of the most serious hazardous treats worldwide and cause severe physical and chemical changes to the soil. Wildfires were further considered as one of the possible mechanisms of soil magnetic enhancement through heating-induced mineral transformations in soil minerals which lead to production of new strongly magnetic iron oxides. In this study, magnetic properties of a collection of depth profiles of wildfire affected soils from 18 locations from Bulgaria and vegetation ashes from several sites are investigated. Wildfire affected soils show many-fold stronger magnetic enhancement in the uppermost 2-3 cm of soil depth compared to non-burnt counterpart soils. Magnetic characteristics of different burnt vegetation and ashes (wood chips, pine needles, pine bark, grass) suggest strongly varying concentration of magnetic phases. Black-colored burnt wood chips are most often diamagnetic, black- and dark grey ashes are weakly ferrimagnetic or paramagnetic, while white ashes show strong magnetic enhancement.

Магнитни характеристики на опожарени почви и растителност

Божурка Георгиева[1, 2], Нели Йорданова[1], Диана Йорданова[1], Петър Петров[1]

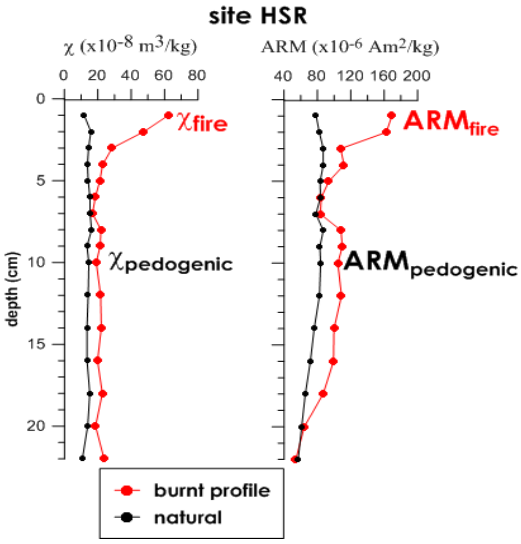
[1] Национален Институт по Геофизика, Геодезия и География, БАН e-mail bojurkageorgieva97@abv.bg
[2] Минно-геоложки Университет „Св. И. Рилски"

Ключови думи: горски пожари, опожарени почви, магнитни свойства, растителна пепел

Резюме
Горските пожари са често явление за територията на България, които ежегодно водят до унищожаване на големи горски масиви. Почвените ресурси също са пряко засегнати от ефекта на пожарите, които водят до унищожаване на растителната покривка, засилени ерозионни процеси и загуба на плодородие. Добре установен факт в магнитните изследвания на естествени материали е чувствително завишените магнитни характериситики на почви, подложени на опожаряване. Основната хипотеза, предложена за обясняване на тези наблюдения е образуването на нови силно-магнитни минерали в процеса на термична трансформация на естествените окиси и хидроокиси на желязото в почвите (Mullins and Tite, 1971). Изследването на поведението на набор от магнитни характеристики в дълбочина по почвените профили на естествени и засегнати от пожари почви и сравнението им е един ефективен и чувствителен метод за идентифициране на ефекта от пожари в миналото. Този извод е направен на базата на детайлните изследвания на осемнадесет двойки на естествени и опожарени почви от територията на България.

Вариации в магнитните свойства на опожарени и естествени почви в дълбочина – ефект от пожарите

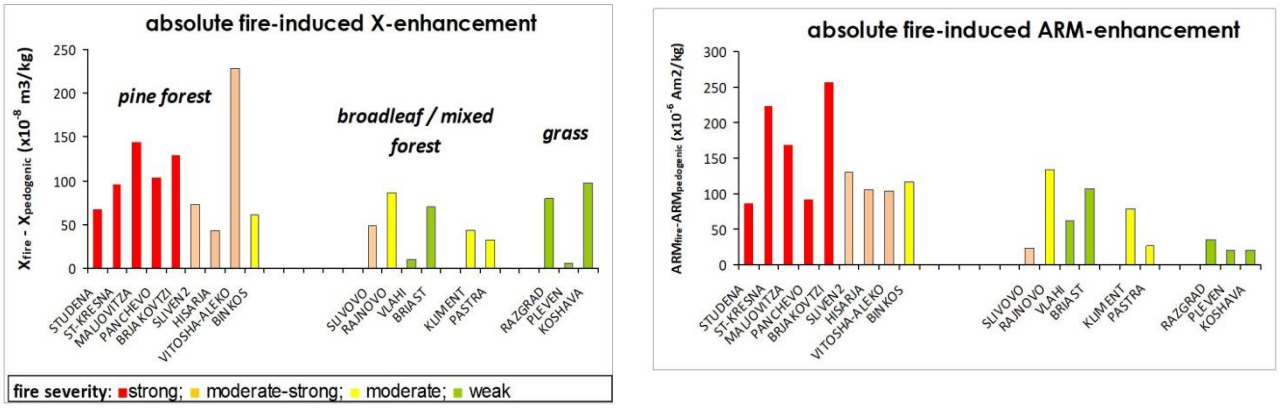
Магнитната възприемчивост е основна магнитна характериситика на веществата, която отразява способността на материала да се намагнитва в присъствието на слабо магнитно поле (Thompson and Oldfield, 1986). Този магнитен параметър е много чувствителен спрямо присъствието дори на минимално количество силно магнитни железни окиси. Друга основна магнитна характеристика е т.нар. безхистерезисна остатъчна намагнитеност (ARM), която се придобива най-ефективно от финитe еднодоменни частици магнетит (Thompson and Oldfield, 1986). С цел определяне ефекта от пожарите върху магнитните характеристики на почвите, от всеки локалитет са изследвани два почвени профила – единият от опожарената област, а вторият – от негоряла съседна област. За всички изследвани профили магнитните характеристики магнитна възприемчивост (χ) и безхистерезисна намагнитеност (ARM) показват силно завишени стойности в почвения слой, засегнат от пожара (Фиг. 1).



Фигура 1. Вариации на магнитната възпроемчивост (χ) и безхистерезисната остатъчна намагнитеност (ARM) по профилите на естествена (черна линия) и опожарена почва (червена линия) опробвана в района на Хисаря. Съответните стойности на χ и на ARM са приписани на естествените (педогенни) процеси ($\chi_{pedogenic}$, $ARM_{pedogenic}$) и на влиянието на опожаряването (χ_{fire}, ARM_{fire}).

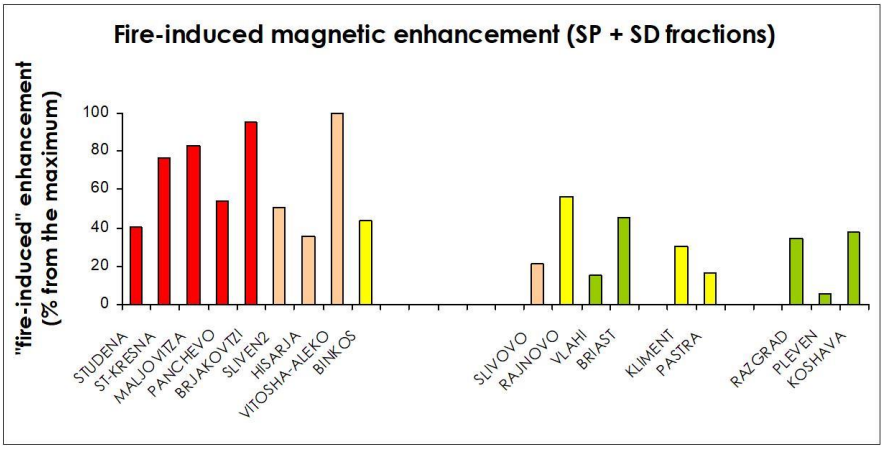
Степен на магнитно обогатяване на повърхностните почвени нива на горелите почви от България

От всички изследвани двойки профили (горял-негорял) са изчислени разликите ($\chi_{fire\text{-}affected}$ - $\chi_{pedogenic}$) и ($ARM_{fire\text{-}affected}$ – $ARM_{pedogenic}$), които отразяват абсолютното количество силно-магнитни суперпарамагнитни (SP) и еднодоменни (SD) частици, образувани в резултат от пожара. Разликата ($\chi_{fire\text{-}affected}$ - $\chi_{pedogenic}$) е най-голяма за почвите, засегнати от силни пожари (Фиг. 2). За тях и другият параметър ($ARM_{fire\text{-}affected}$ – $ARM_{pedogenic}$) също има високи стойности, но максимумите не съвпадат с максимумите на χ.



Фигура 2. Магнитно обогатяване на опожарените почвени профили, изразено чрез разликите в магнитната възприемчвост ($\chi_{fire\text{-}affected}$ - $\chi_{pedogenic}$) и в безхистерезисната намагнитеност ($ARM_{fire\text{-}affected}$ – $ARM_{pedogenic}$). Силата на пожара (силен, силен-среден, среден, слаб) е означена с различен цвят съгласно легендата.

За различните почви абсолютното обогатяване на магнитния сигнал зависи от конкретният вид почва и геоложка основа. Поради това, за да може да се сравнява магнитното обогатяване между различните профили, е необходимо стойнсотите да се нормират. За тази цел параметрите ($\chi_{fire\text{-}affected}$ - $\chi_{pedogenic}$) и ($ARM_{fire\text{-}affected}$ – $ARM_{pedogenic}$) са нормирани към максималните получени стойности за съответния параметър от всички профили. За оценка на кумулативното магнитно обогатяване както със суперпарамагнитнитни, така и с еднодоменни частици, нормираните по горния начин параметри са сумирани. На Фигура 3 е показано сумарното относително обогатяване на опожарените пови, изразено като процент.



Фигура 3. Кумулативен дял на усилването на магнитния сигнал на опожарените почви в резултат от горските пожари. Показаните стойности са изразени като процент (%) от максималната наблюдавана стойност.

Както се вижда от Фиг. 3, силата на пожара не е пряко свързана със степента на магнитно обогатяване на сигнала от повърхностните почвени нива. Най-вероятно продължителността на пожара също играе важна роля за степента на магнитно усилване на сигнала, както и преобладаващият размер на частиците, образувани в резултат от горенето.

Магнитни характеристики на растителна пепел от горски пожари

Друг възможен източник на силномагнитни минерали в опожарените почви е пепелта от изгарянето на растителността (клони, стволове на дървета, листа, трева, храсти и др.). Известно е, че в пепелта от растителност присъства известно количество железни окиси (между 1.5 и 0.5% от сухата маса) (Boström et al., 2011). Количеството на желязото в пепелите от растителност зависи от типа растителност и конкретния вид – максимални концентрации са установени в иглолистните видове (около 35mg/kg), по-ниски – в широколистните и тревистите (Pitmann 2006; Vassilev et al., 2010, 2012, 2013a, b). Магнитната възприемчивост на пепели от растителни видове с C3 и/или C4 тип фотосинтеза показват различни стойности на магнитната възприемчивост К – за C4 растения К е 370x10^{-8} m^3/kg, докато за C3 растения средната стойност на К е 88x10^{-8} m^3/kg (Lu et al., 2001). Данните за магнитната възприемчивост на растителни пепели от локалитетите в България са показани в Таблица 1.

местоположение	*вид растителност*	*χ(10^{-8}m^3/kg)*
с. Ощава	иглички, сухи	-2.48
	кора на дърветата	-1.42
с. Влахи	листа, сухи	-0.58
	листа, изгорели	-1.01
	изгоряла кора на дървета	-1.39
	черна пепел	**46.05**
с. Панчево	**бяла пепел**	**209.69**
с. Стара Кресна	**бяла пепел**	**170.93**
	черна пепел	**77.33**

Таблица 1. Магнитна възприемчивост на растителност и растителна пепел от горски пожари.

Както се вижда от Таблица 1, магнитната възприемчивост на бялата пепел от горски пожари е много висока, превишаваща дори тази на най-често срещаните типове почви (Jordanova, 2016). Това вероятно се дължи на образуването на нови силно-магнитни минерали в процеса на горене на растителността до високи

температури, водещи до появата на бяла пепел. За разлика от бялата пепел, черната растителна пепел, образувана от по-слаби пожари, има значително по-ниска магнитна възприемчивост, а растителните останки от непълно изгаряне (сухи листа, иглички, кора от дърво) са диамагнитни (Таблица 1).

Заключения

1. Интензивните горски пожари, при които се развиват високи температури предизвикват образуването на силно-магнитен повърхностен почвен слой с 2-3 см дебелина, обогатен и със значително количество растителна пепел.
2. В резултат от горенето се образуват както фини суперпарамагнитни частици, така също и еднодоменни частици магнетит/магхемит. Слабите пожари, възникващи обикновено в тревисти местности, водят до образуването предимно на суперпарамагнитни частици магнетит и/или магхемит
3. Получените високи стойности на магнитната възприемчивост на растителната пепел показва, че тя е една от причините за наблюдаваният силен магнитен сигнал на опожарените почви.

Литература

Boström, D., Skoglund, N., Grimm,A., Boman, C., Ohman, M., Brostrom, M., Backman R., 2011. Ash Transformation Chemistry during Combustion of Biomass. Energy Fuels, 26, 85 –93.

Jordanova, N. “Soil Magnetism. Applications in Pedology, Environmental Science and Agriculture”. 1st Edition, Academic Press (Elsevier), 2016, ISBN:9780128092392, 466pp

Lu, H., Liu, T., Gu, Z., Liu, B., ,Zhou, L., Han., J., Wu, N., 2000. Effect of burning C3 and C4 plants on the magnetic susceptibility signal in soils. Geophys. Res. Lett., 27, 13, 2013-2016.

Pitman, R.N., 2006. Wood ash use in forestry – a review of the environmental impacts. Forestry, 79, 5, doi:10.1093/forestry/cpl041

Vassilev S, Baxter D, Andersen L, Vassileva C., 2010. An overview of the chemical composition of biomass. Fuel, 89, 913–33.

Vassilev S, Baxter D, Andersen L, Vassileva C, Morgan T., 2012. An overview of the organic and inorganic phase composition of biomass. Fuel, 94, 1–33.

Vassilev S.V., Baxter, D., Andersen, L.K., Vassileva, C.G., 2013a. An overview of the composition and application of biomass ash. Part 1. Phase–mineral and chemical composition and classification Fuel, 105, 40 – 76.