



## Sources of magnetic enhancement of wildfire affected soils under pine forest

Daniel Ishlyamski<sup>1,2</sup>, Neli Jordanova<sup>1</sup>, Diana Jordanova<sup>1</sup>, Petar Petrov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> National Institute of Geophysics, Geodesy and Geography, Bulgarian Academy of Sciences, e-mail kirilishlyamski@abv.bg

<sup>2</sup> University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski",

**Key words:** burned soils, coniferous forests, magnetism, magnetic susceptibility

### Abstract:

Soil magnetic properties and their variations along soil profiles are sensitive proxies for the speciation, concentration and characteristics of the iron oxides. Soil magnetism is widely applied for discrimination between aerobic – anaerobic conditions, water-logging, burning, anthropogenic pollution. The aim of the present study is to reveal the fire effect on soil magnetic mineralogy, effective magnetic grain sizes and concentration of pedogenic magnetic minerals in two pairs of burnt and non-burnt soils under pine forests in Central Stara planina and southwest Pirin mountain in Bulgaria. Our results show that wildfire-affected levels of forest soils under pine vegetation show strong magnetic enhancement, carried by fine grained magnetite with  $T_{90}$  of 580°C. Comparison between fire-affected and natural (non-burnt) profiles from two locations reveals that wildfire-produced magnetic fraction spans SP – SD size range, leading to both susceptibility- and magnetic remanence- enhancement.

## Източници на магнитното обогатяване на засегнати от горски пожари почви, развити под борова гора

Даниел Ишлямски<sup>1,2</sup>, Нели Йорданова<sup>1</sup>, Диана Йорданова<sup>1</sup>, Петър Петров<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Национален Институт по Геофизика, Геодезия и География, БАН e-mail kirilishlyamski@abv.bg

<sup>2</sup> Минно-геоложки Университет „Св. И. Рилски“

**Ключови думи:** опожарени почви, иглолистни гори, магнетизъм, магнитна възприемчивост

### Резюме

Магнитните свойства на почвите и техните изменения по почвените профили са чувствителни индикатори за вида, концентрацията и характеристиките на железните оксиди (Cornell and Schwertmann, 2003). Магнетизмът на почвите се прилага широко за разграничаване между аеробни - анаеробни условия, наличие на оглеяване, горски пожари, антропогенно замърсяване. Настоящото изследване има за цел да изследва ефекта от горските пожари върху почвената магнитна минералогия, ефективните магнитни размери на зърната и концентрацията на педогенни магнитни минерали в две двойки горели и негорели почви под боровите гори в Централна Стара планина и югозападен Пирин в България.

## Локалитети на изследване

1) Борова гора в близост до град Сливен (означение на профила „SLV“). Оригиналната растителност преди пожара е била 15-годишна борова гора. Интензивен горски пожар е настъпил през 2012 година, увреждайки повече от 100 хектара борови гори. След това не е извършена рекултивация, но се забелязва естествено възстановяване на растителността.

2) Борова гора в близост до село Стара Кресна (ЮЗ България) (означение на горелия профил „STK“ и на негорелия – „OSHT“). Пожарът е настъпил неотдавна - на 24 август 2017 г. Той се характеризира с висока интензивност и продължителност (Фиг. 1). Опробването бе направено десет дни след приключване на пожара. Взета е проба и от негоряла почва близо до горелите участъци (локалитет „OSHT“).

## Магнитни и немагнитни измервания

Почвените проби бяха събрани по дълбочина на засегнатите от пожара почви през интервал 0,5 см в най-горните нива и през 1 см в дълбочина. Измерени са следните магнитни параметри: магнитна възприемчивост ( $\chi$ ), безхистерезисна остатъчна намагнитеност (ARM), изотермична остатъчна намагнитеност, получена в поле 2Т (IRM<sub>2Т</sub>) и в поле от -300mТ (IRM<sub>300mТ</sub>). Изчислени са няколко отношения на магнитни параметри,

к  
о  
и  
т  
о

ARM/ $\chi$ , S-ratio, ARM/IRM<sub>2T</sub>. За идентификация на вида на магнитните минерали е проведено стъпково температурно размагнитване на композитна изотермична намагнитеност, създадена по трите перпендикулярни оси на предварително подготвени кубични образци. Идентифицирането на присъстващите магнитни минерали е направено по разблокиращите температури на остатъчната намагнитеност. За изследване на морфологията и елементарния състав на частиците от изгорелите нива на почвата са проведени наблюдения с електронен микроскоп в режим на обратно разсейване на електроните, съчетани с EDS точков анализ.



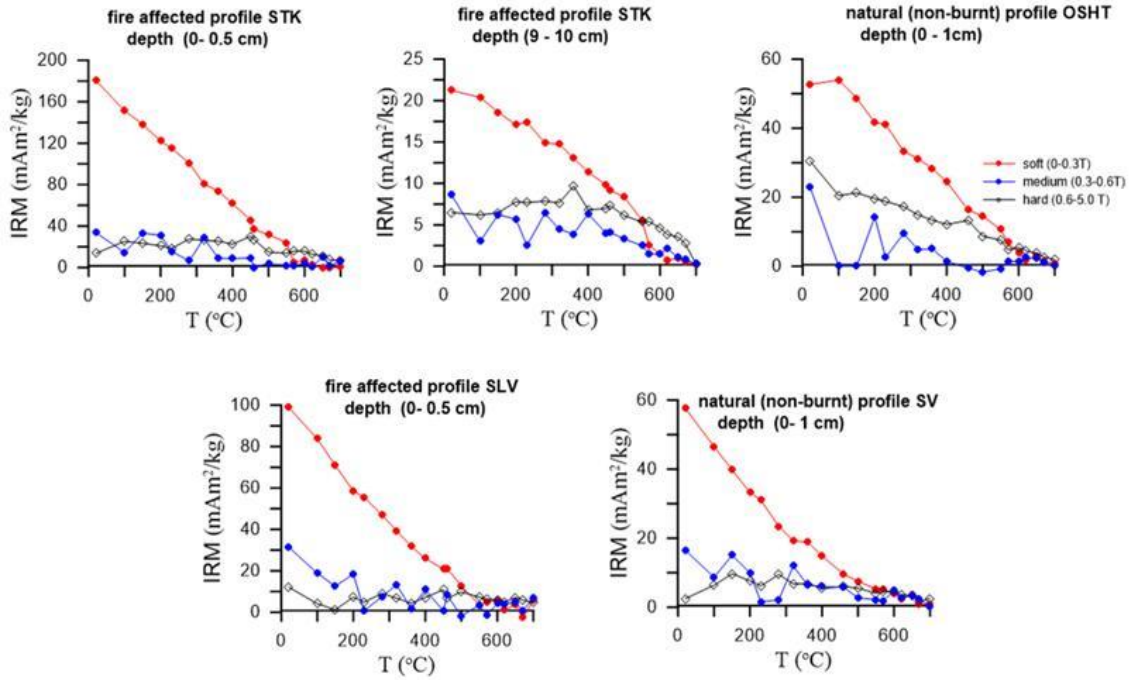
Фигура 1. Опожарената гора до с. Стара Кресна и опробваният профил на горяла почва.

## Резултати

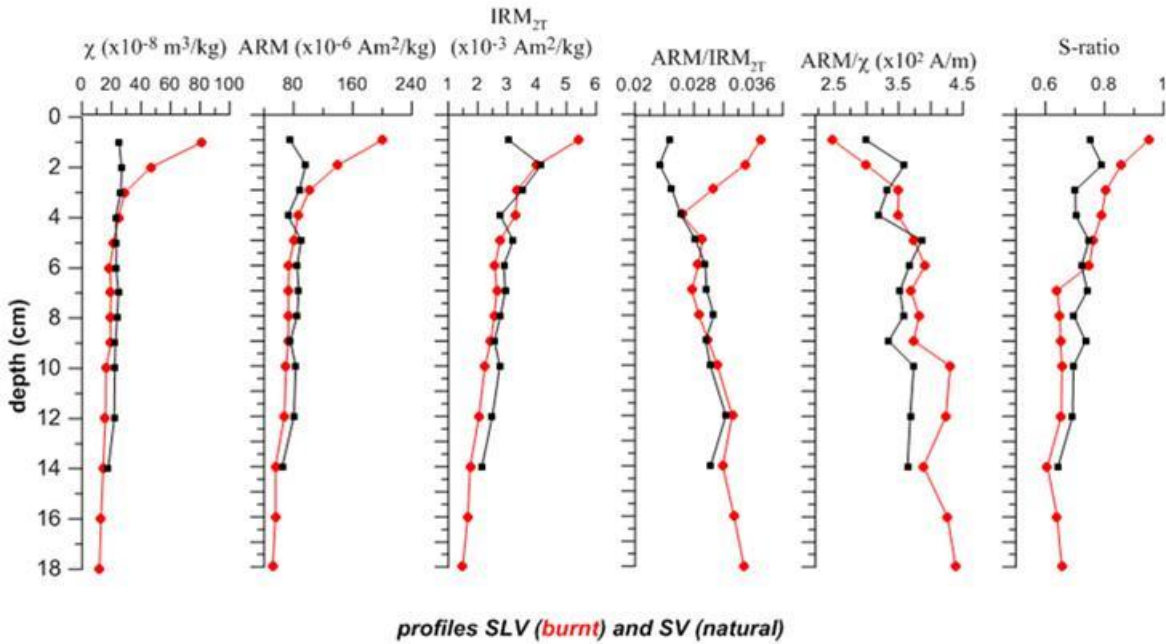
На Фиг. 2 са показани примери от проведеното стъпково размагнитване на съставна изотермична намагнитеност. Компонентата с ниска коерцитивност (червена линия) се размагнитва при достигане на температурата на разблокиране (580°C), което показва, че магнетитът е основната силно магнитна фаза. Подобни разблокиращи температури се регистрират и за пробите от естествени (негорели) почви (Фиг. 2). Компонентите на изотермичната намагнитеност, получени в средно- и силно магнитно поле са по-изявени за локалитета STK-Стара Кресна (Пирин планина), отразявайки оригиналната (на негорелия профил) минералогия с присъствие на хематит, както се вижда от температурата на разблокиране 700°C (Фиг. 2).

## Изменения на магнитните параметри в дълбочина по почвения профил за опожарена и естествена почва

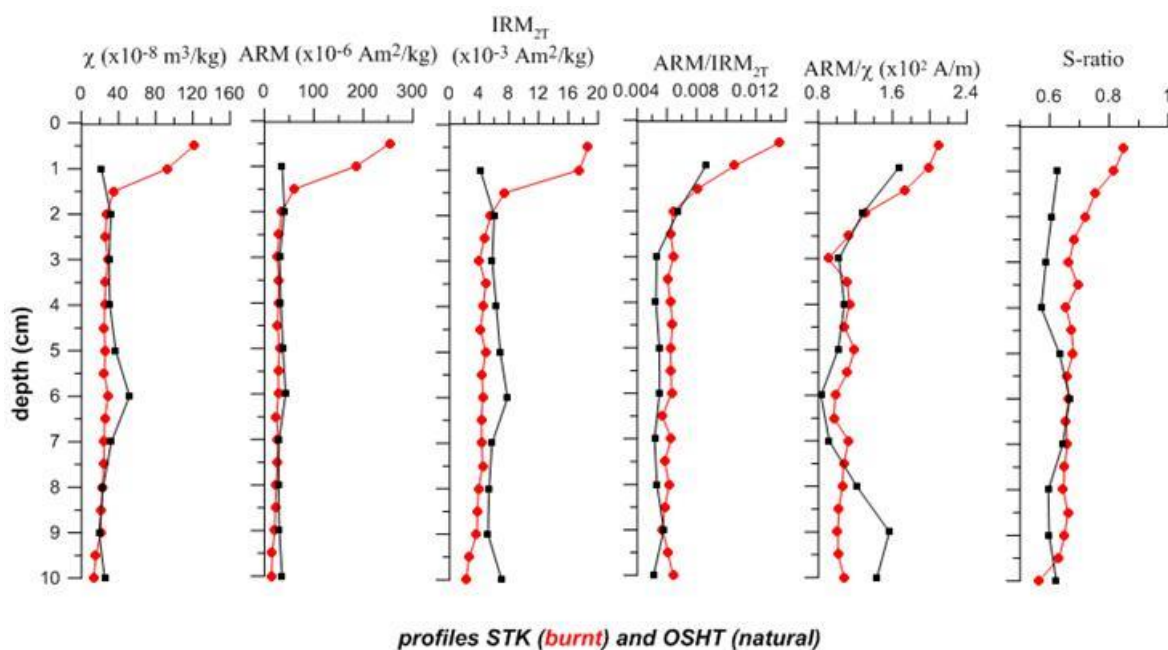
Много близко поведение на зависимите от концентрацията магнитни характеристики се наблюдава за двете двойки (горяла-негоряла) почвени профили (фиг.3). Най-горните 3 см от засегнатите от пожара почви ясно се разграничават по интензивния черен цвят и остатъците от въглен (Фиг. 1), а магнитните им характеристики показват силно магнитно обогатяване в сравнение с негорелите почви (Фиг. 3а, б). Повишените стойности на отношението ARM/IRM<sub>2T</sub> в опожарените нива на двете почви (Фиг. 3а, б) показва, че в резултат на пожара са се образували значително количество стабилни (еднодоменни) магнитни частици. Преобладаващият дял на тези стабилни частици в новообразуваната магнитна компонента в резултат от пожара се демонстрира и от максимума в отношението ARM/ $\chi$  за профила STK (Фиг. 3б), докато в другия профил (Фиг. 3а) явно доминират фините суперпарамагнитни частици, които водят до силно завишаване на  $\chi$ , и съответно – пониски стойности на отношението ARM/ $\chi$  (Фиг. 3а). По-високите стойности на отношението S и в двете горели почви в сравнение с негорелите (Фиг. 3) показва, че новообразуваните магнитни минерали в процеса на опожаряване са от магнетитов тип, докато в естествените негорели почви присъстват и висококоерцитивни минерали (хематит, хидроокиси на желязото).



Фигура 2. Примери от температурното стъпково размагнитване на съставна изотермична намагнитеност



Фигура 3 а) вариации на магнитните параметри магнитна възприемчивост ( $\chi$ ), безхистерезисна остатъчна намагнитеност (ARM), изотермична остатъчна намагнитеност ( $IRM_{27}$ ) и отношенията  $ARM/IRM_{27}$ ,  $ARM/\chi$ ,  $S\text{-ratio}=IRM_{27}/IRM_{0.3T}$  за профил SLV (отробван близо до гр. Сливен)



Фигура 3 b) вариации на магнитните параметри магнитна възприемчивост ( $\chi$ ), безхистерезисна остатъчна намагнитеност (ARM), изотермична остатъчна намагнитеност ( $IRM_{2T}$ ) и отношенията  $ARM/IRM_{2T}$ ,  $ARM/\chi$ ,  $S\text{-ratio}=IRM_{2T}/IRM_{300mT}$  за профил STK (опробван близо до с. Стара Кресна)

Магнитната възприемчивост, както и лабораторно индуцираните безхистерезисна и изотермични остатъчни намагнитености показват до 7 пъти по-високи стойности в сравнение с тези на естествените профили (Таблица 1).

параметър/отношение	Профил STK	Профил SLV
$\chi/\chi_0$	5.61	3.23
$ARM/ARM_0$	7.04	2.67
$IRM/IRM_0$	4.48	1.78
$\chi_0$ ( $\times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ )	21.5	25.1

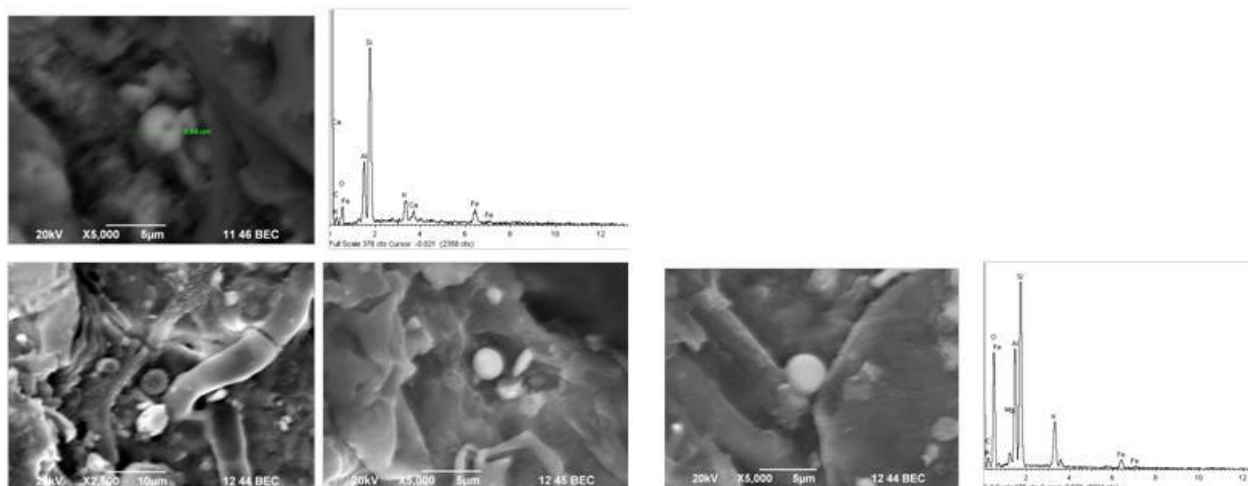
Таблица 1. Обогаляване на магнитните характеристики на опожарените почвени нива с магнитни частици. Параметрите с индекс „o” са съответните стойности, получени за негорялата почва.

По-високата степен на магнитно обогаляване на почвата при с. Стара Кресна най-вероятно е свързано с много по-голямата интензивност и продължителност на пожара в сравнение с този в околностите на Сливен. Магнитните характеристики и параметри показват, че при по-интензивен и продължителен пожар се образуват не само по-голямо количество магнитни частици, но и с по-едри размери (достигащи еднородните).

### Наблюдения със сканиращ електронен микроскоп (SEM) за проба от дълбочина 0-1 см от профил SLV

Наблюденията със сканиращ електронен микроскоп върху проба от най-горния слой от профил SLV разкриват наличието на сферули с високо съдържание на желязо (Fe). Тази морфология е типична за частици, получени при процеси на изгаряне. Близката асоциация на сферулите с органичната материя предполага, че наблюдаваните частици са получени при изгаряне на растителността, например при преобразуване на Fe-носещите фази в боровите иглички, боровите кори и стъбла.





Фигура 4. SEM изображения на желязо-съдържащи частици със сферична форма от проба от горяла почва от профила SLV от дълбочина 0-1 см.

## Заклучения

1. Засегнатите от горски пожари нива на почвите под борова растителност показват силно магнитно обогатяване, носено от фини частици магнетит с температура на разблокиране 580°C.
2. Сравнението между засегнатите от пожара и естествените (негорели) профили от два локалитета показват, че магнитната фракция, образувана при горски пожари, обхваща SP-SD диапазон на магнитни размери, което води до увеличаване на намагнитеността и магнитната възприемчивост.
3. Степента на относителното нарастване на  $\chi$ , ARM и IRM от двата локалитета предполага, че по-силният (с по-голяма интензивност) пожар води до образуване на магнитна фракция със стабилни еднородни размери, докато по-слабият горски пожар причинява главно повишаване на концентрацията на суперпарамагнитната фракция.
4. Наблюденията със SEM доказват, че магнитното обогатяване на почвите, засегнати от горски пожари, се дължи на сферули с високо съдържание на Fe, образувани в процеса на горене на борвите иглички и стъбла.

## ЛИТЕРАТУРА

Cornell R. and Schwertmann, U., 2003. The Iron Oxides. Structure, properties, reactions, occurrence and uses. Weinheim, New York.