

ПАЛЕОМАГНИТНА ЛАБОРАТОРИЯ КЪМ СЕКЦИЯ „ЗЕМЕН МАГНЕТИЗЪМ“

Палеомагнитната лаборатория към НИГГГ е единствената такава в България и притежава уникална научна апаратура. Създадена е през 1961 г. от ст.н.с. П. Ножаров и функционира без прекъсване досега. Направленията в изследователската работа на Лабораторията се развиват от класически палео- и археомагнитни изследвания в началото (които се извършват и в момента), до включване на съвременни изследвания на седименти, почви, растения, антропогенни материали, синтетични минерали. Тези нови направления, развиващи се през последните 15 години, позволяват значително разширяване на областите на приложение на магнитните методи.

Основни научни направления:

- **Археомагнетизъм**
- **Магнетизъм на околната среда, включващ:**
 - Палеоклиматични реконструкции, базирани на изследване на магнитните свойства и техните вариации за льосово-почвените седименти от Северна България.
 - Прилагане на магнитния метод за бърза и ефективна оценка на степента на антропогенно замърсяване на почви, седименти и градска среда.
 - Изследване на магнитните свойства на почви от България

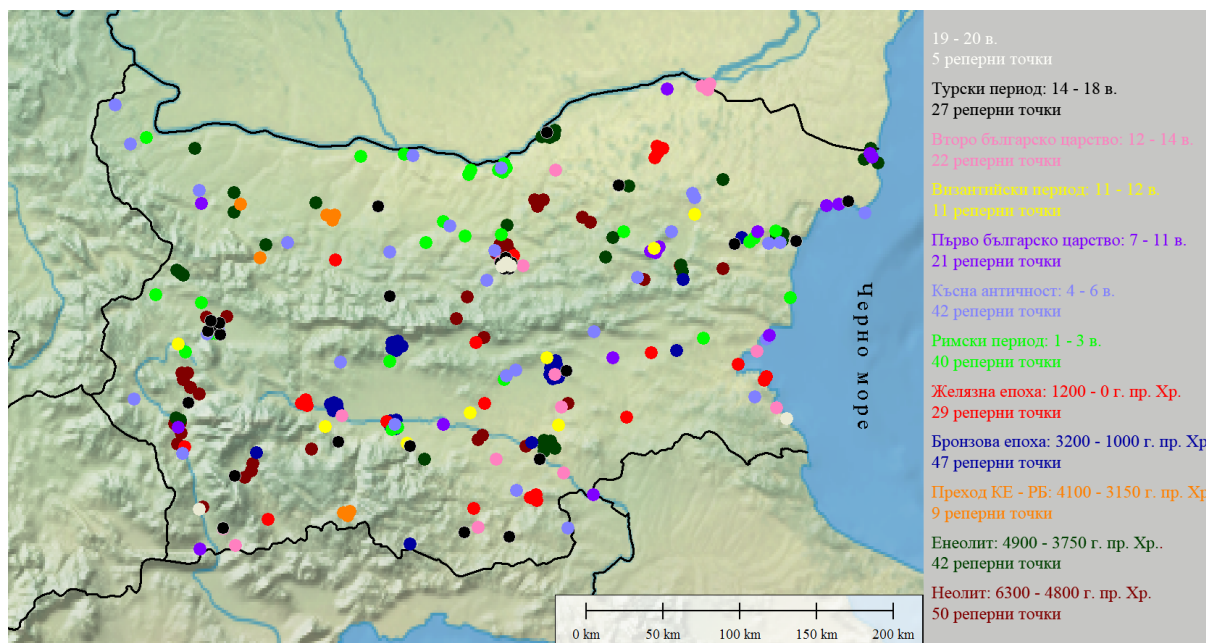
Налична апаратура: Специализираната научна апаратура дава възможност за провеждане на изследвания на магнитните свойства на скали, почви, седименти, палео- и археомагнитни изследвания на съвременно ниво: автоматичен ротационен магнитометър JR6a (Agico, Brno); магнитометър Molspin Minispin за измерване на силномагнитни материали; размагнитващо устройство с променливо магнитно поле и приставка за създаване на лабораторна безхистерезисна намагнитеност (Molspin Inc.); Капа-мост за измерване на магнитната възприемчивост KLY-2 (Agico, Brno) с приставка за високотемпературен анализ за получаване на температурата на Кюри на магнитните минерали; Капа-мост за измерване на анизотропия на магнитната възприемчивост MFK-1 (AGICO, Brno); немагнитна печ за температурно размагнитване и лабораторно създаване на термоостатъчна намагнитеност (MTMD); Капа-метър (Bartington Inc.) с полеви (MS2D и MS2F) и лабораторни модули (MS2C) за измерване на магнитната възприемчивост при две честоти на променливото поле; намагнитващо устройство с максимално поле 2Т; 3бр. полеви капа-метъра KT5 и KT6 (SatisGeo, Brno); 10 пермалоеви екраниращи кутии; геоложки компаси; 2 ръчни сонди за събиране на седименти до 30см дълбочина; машина за рязане на скални проби; електронен рН- метър (Hanna Instruments); планетарна топкова мелница за смилане на почвени проби (Fritsch, Germany); ситова машина с възможност за мокро пресяване за отделяне на механични фракции с размери до 5 микрона (Fritsch, Germany); лабораторна центрофуга Sigma 2-6 (SIGMA Laborzentrifugen GmbH); магнитен сепаратор LB-1 (S.G. Franz Co Inc., USA); муфелна печ MF306 (NUVE, Turkey) с максимална температура 1200°C. Лабораторията разполага с 4 персонални компютъра с интернет връзка, депо за съхранение на проби и подготовка на образци с площ около 50m².

АРХЕОМАГНЕТИЗЪМ

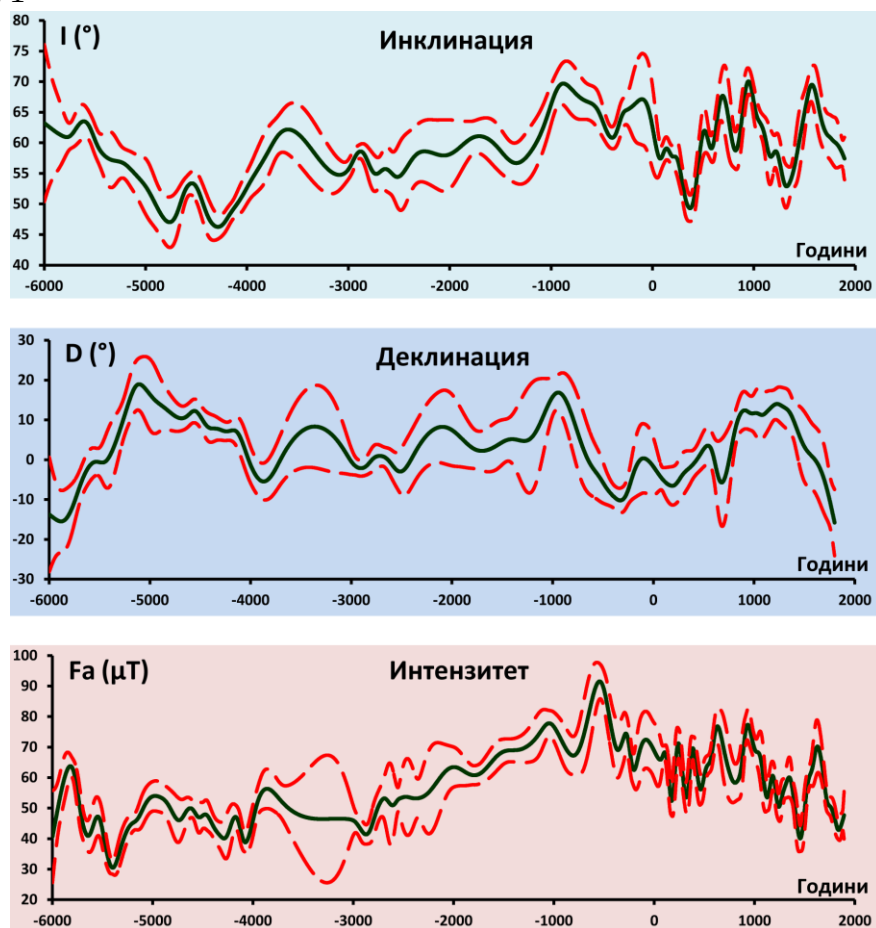
Работещи в това направление са доц. д-р Мария Аврамова, проф. дфн Мери Ковачева (пенсионер) и гл. ас. д-р Деян Лесигярски

Остатъчният магнетизъм на археологическите останки от горяла глина се явява основен източник на информация за състоянието на земното магнитно поле в историческото минало, което определя значимата роля на археомagnetизма както за геофизиката, така и за археологията. Възстановяването на трите основни геомагнитни характеристики (дефиниращи посоката и големината на полето), използвайки точно датирани археологически артефакти, води до натрупване на локална база от уникални данни, които не могат да бъдат получени чрез други методи. Тези данни се използват при създаването на различни модели, свързани с произхода и поведението на магнитно поле на Земята и същевременно дават възможност за изработването на т. нар. археомagnetитни реперни криви, представляващи своеобразен локален модел на измененията на земното магнитно поле за определен период от време. Наличието на такъв модел позволява абсолютното датiranje на новоизследвани чрез археомagnetитния метод археологически структури. Същевременно на базата само на наличните археомagnetитни данни могат да се правят относителни синхронизации на пространствено отдалечени археологически обекти от определена територия. Други важни за археологията приложения на археомagnetизма са категоричното установяване дали дадена структура е изстинала в древността в положението, в което е разкрита или е била разместена впоследствие, както и надеждното определяне на максималните температури на изпичане/опожаряване на различни останки от глина.

Българската археомagnetитна база данни е водеща в света, тъй като за момента тя представя най-дългия локален ред от археомagnetитни определения. Българските реперни криви са изчислени въз основа на над 300 реперни точки (Kovacheva et al., 2014) (Фиг. 1), които са включени в световната база данни GEOMAGIA50.v3 (<http://geomagia.ucsd.edu>). Те проследяват изменението и на трите основни геомагнитни елемента (инклинация, деклинация и интензитет), получени от едни и същи материали и покриват почти непрекъснато последните 8000 години (Фиг. 2).



Фигура 1



Фигура 2

Интерес за археомагнитните изследвания представляват различни структури от горяла глина, за които се предполага, че са разкрити *in situ* (т.е. в положението, в което са изстинали в древността) и за които има надеждна датировка, получена по други методи.



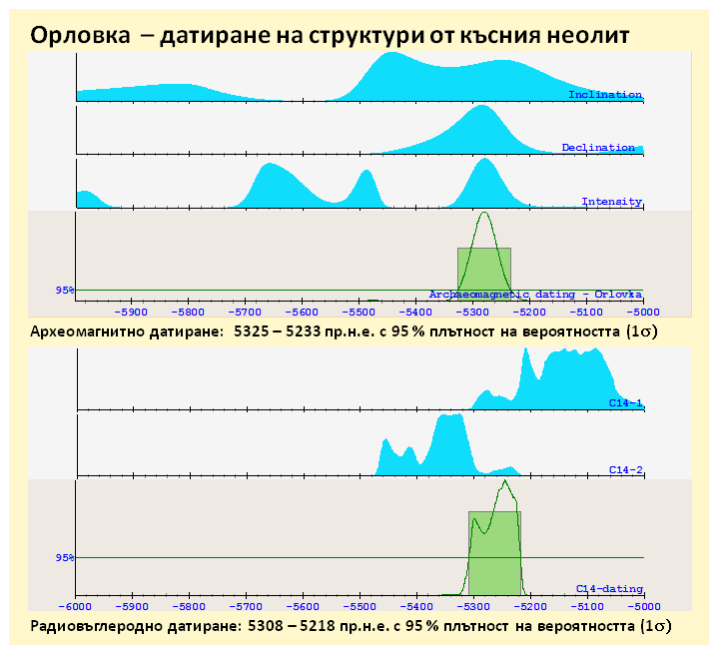
Събирането на образците е много важен етап от археомагнитното изследване, тъй като точността при определянето на посоката на древното магнитно поле до голяма степен зависи от прецизната ориентация по време на полевата работа, а получаването на достоверен резултат за палеоинтензитета - от избирането на подходящи за тази цел образци (Фиг. 3).

Фигура 3

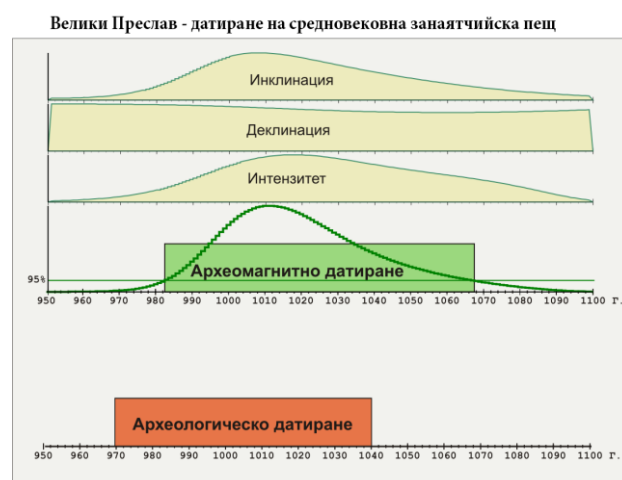
ПРИЛОЖЕНИЕ НА АРХЕОМАГНЕТИЗМА В АРХЕОЛОГИЯТА – ПРИМЕРИ

1. Абсолютно датиране на археологически структури и сравнение на археомагнитните датируеми интервали с тези, получени по други методи.

Дефинираните (при археомагнитното изследване) стойности за трите геомагнитни характеристики (I, D и Fa) се съпоставят с реперните криви характеризиращи разглеждания период, в резултат, на което се получават археомагнитни датируеми интервали за всеки един геомагнитен елемент (Фиг. 4). Съпоставянето на всички тези интервали дава най-вероятния времеви диапазон, в който изследваните структури са били опалени в древността за последен път. Датирането по три геомагнитни елемента е предпоставка за получаване на възможно най-прецизни археомагнитни датировки.



Фигура 4



Точността на археомагнитното датиране зависи от точността на експерименталните резултати, точността на използваните реперни криви, както и от скоростта на изменение на елементите на земното магнитно поле.

2. Относително датиране на археологически структури от различни археологически обекти

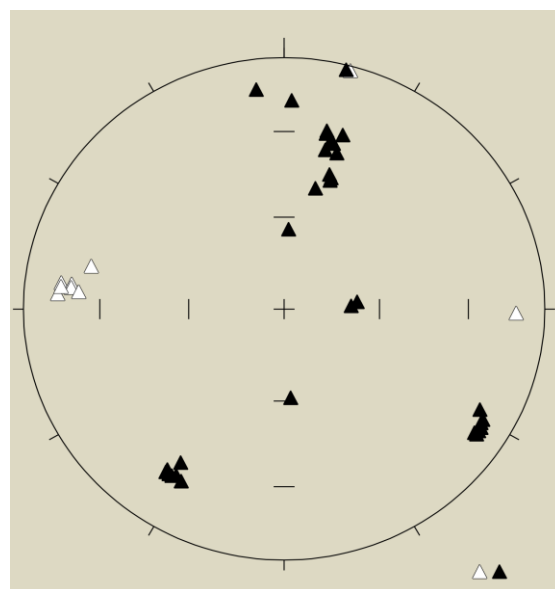
Археомагнитните характеристики за три археологически обекта от късния неолит са съпоставени помежду си. Очевидно е, че определените стойности за трите геомагнитни елемента (I , D и Fa) са много близки за два от изследваните обекта (Шарков чифлик и Чавдарова чешма – представени с еднакъв цвят в Таблица 1), докато тези, свързани с третия обект (обект 14) се различават съществено. Следователно, най-вероятно селищата Шарков чифлик и Чавдарова чешма са синхронни, но те не са едновременни с обект 14 край с. Мурсалево.

Обект	I (°)	D (°)	α_{95} (°)	Fa (μT)	σ (μT)
Обект 16 Шарков чифлик	59.7	9.9	2.9	40.89	2.23
Обект 14 с. Мурсалево	49.1	355.6	2.9	30.58	2.73
Чавдарова чешма	56.4	0.7	2.4	37.94	2.92

Таблица 1

3. Установяване положението на разкриване за дадена археологическа структура

Изследването на производствена пещ от Тракийски комплекс Халка Бунар показва, че събраните материали не са изстинали в положението, в което са разкрити. Получените резултати за посоката на земното магнитно поле са силно разхвърляни и в много случаи нереалистични. Това ясно личи от стереографската им проекция (Фиг. 5).

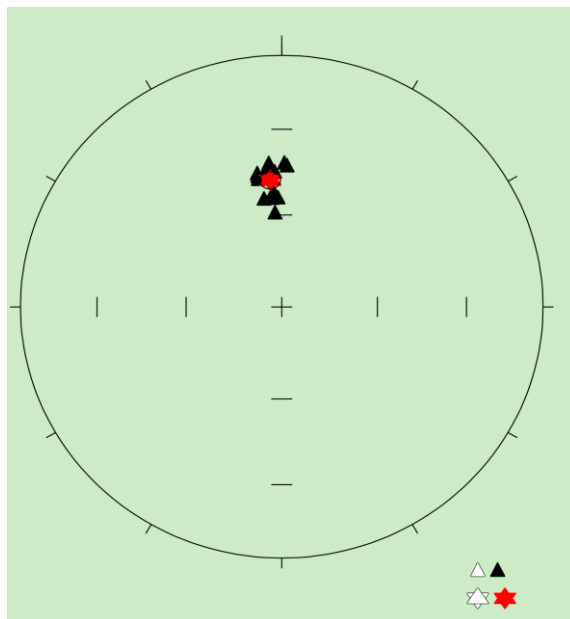


Фигура 5.

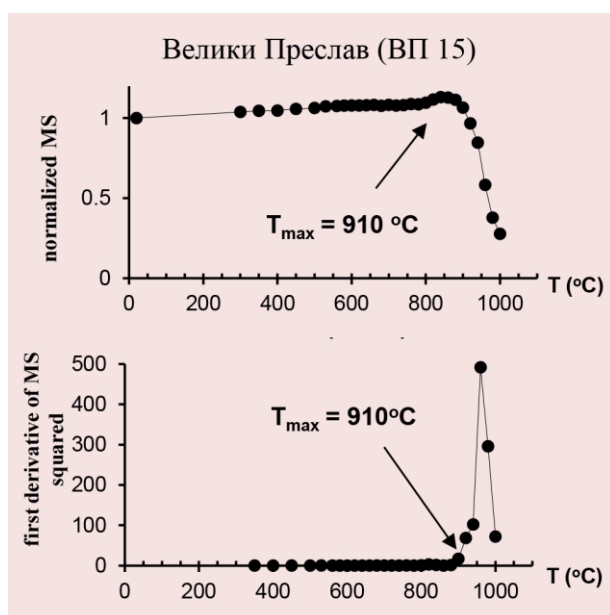
Опожарени жилищни замазки от обект 14 край с. Мурсалево изстинали и разкрити *in situ*. Получените посоки се групират добре около една средна стойност обозначена в червено на стереографската проекция (Фиг. 6).



Фигура 6



4. Определяне максималните температури на изпичане/опожаряване на останки от глина

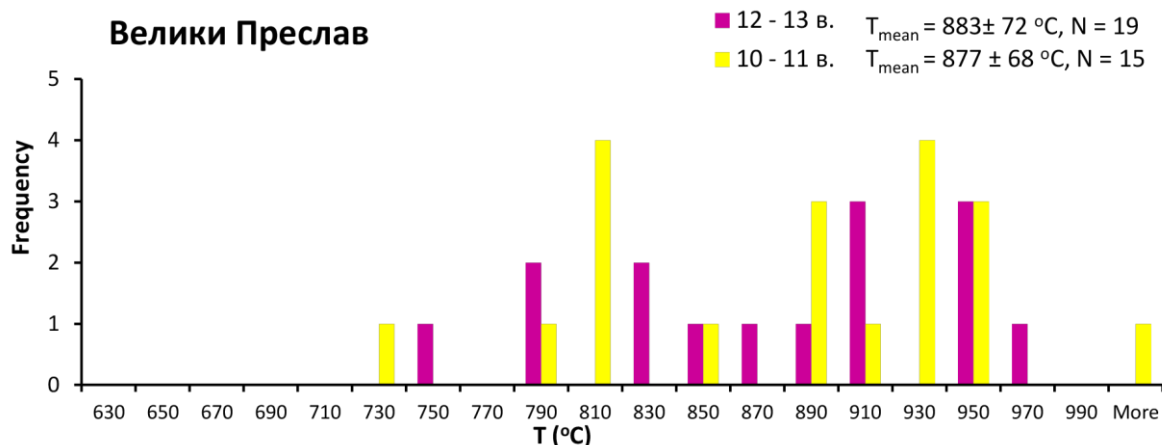


Използваната методология се основава на магнитно-минералогичните трансформации, протичащи в материалите при нагряване, които засягат съществено магнитната възприемчивост (Rasmussen et al., 2012). Максималната температура на изпичане ($T_{\max}$) се определя чрез подлагане на анализирания проб на стъпково лабораторно греење и измерване на магнитната им възприемчивост при стайна температура. $T_{\max}$ съвпада с тази температурна стъпка, при която протичат най-бързите изменения на магнитната възприемчивост (Фиг. 7).

Фигура 7



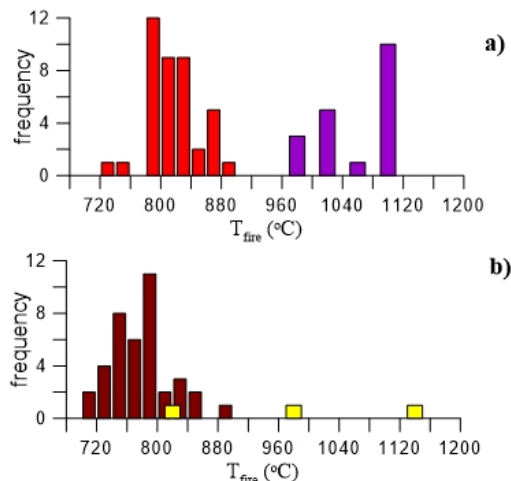
4.1. Изследване на фрагменти битова керамика, представителни за основните технологични групи на обект „Владетелска църква”, Велики Преслав – Византийски период (10 – 11 в.) и Второ българско царство (12 – 13 в.). Не се установява съществена разлика в диапазона на температурите на изпичане през двата периода (Фиг. 8). Това предполага използването на една и съща технология на изпичане и едни и същи производствени пещи (Kostadinova-Avramova et al., 2018).



Фигура 8

4.2. Изследване на опожарени жилищни замазки от неолитен обект Мурсалево

Магнитното изследване на обширна колекция материали от обгорели жилищни замазки от неолитното селище Мурсалево-Девебоаз дава независими аналитични данни за температурите и условията на горене, както и хипотеза за механизма на протичане на наблюдаваните изключително интензивни опожарявания. Магнитно-диагностичните изследвания показват наличието на силно магнитни окиси на желязото – магнетит и магхемит, както и хематит, всички с фини размери на частиците. Определенията на температурите на изпичане варират между 680°C и 1140°C, предполагайки достигането на изключително високи температури в повечето жилища (Фиг. 9). Сравнявайки цвета, магнитните и спектроскопски характеристики на изследваните останки от неолитни жилищни замазки с редица изследвания на пигменти, синтезирани по специфичен метод, свързан с протичане на взривна реакция, е изказана хипотезата, че окисите на желязото, идентифицирани в горелите замазки са образувани в резултат на такъв процес. Получените резултати за Мурсалево-Девебоаз са публикувани в *Journal of Geophysical Research – Solid Earth* (Jordanova et al., 2018).



Фигура 9. Хистограми на разпределението на температурите на изпичане за различно оцветените останки от жилищни замазки – а) оранжево-червени и виолетови; б) кафяви и жълти.

Основни публикации по темата:

- Kostadinova-Avramova, M., Jordanova, N., Jordanova, D., Grigorov, V., Lesigyarski, D., Dimitrov, P., & Bozhinova, E., 2018. Firing temperatures of ceramics from Bulgaria determined by rock-magnetic studies. *J. Archaeol. Sci.: Reports* 17, 617–633.
- Jordanova, N., Jordanova, D., Kostadinova-Avramova, M., Lesigyarski, D., Nikolov, V., Katsarov, G., & Bacvarov, K., 2018. A mineral magnetic approach to determine paleo-firing temperatures in the Neolithic settlement site of Mursalevo- Deveboaz (SW Bulgaria). *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 123. <https://doi.org/10.1002/2017JB01519>.
- Kostadinova-Avramova, M., Kovacheva, M., & Jordanova, N., 2016. Early Neolithic Settlement Yabalkovo (Maritsa valley, Bulgaria) in the context of archaeomagnetic studies. *Bulgarian e-Journal of Archaeology*, 6, 277-294.
- Kostadinova-Avramova, M. & Kovacheva, M., 2015. Further studies on the problems of geomagnetic field intensity determination from archaeological baked clay materials. *Geophys. J. Int.* 203, 588–604.
- Kovacheva, M., Kostadinova-Avramova, M., Jordanova, N., Lanos, Ph. and Boyadzhiev, Y., 2014. Extended and Revised Archaeomagnetic Database and Secular Variation Curves from Bulgaria for the Last Eight Millennia. *Phys. Earth Planet. Inter.* Vol. 23, 79-94.
- Kostadinova_Avramova, M., Kovacheva, M. and Boyadzhiev, Y., 2014. Contribution of stratigraphic constraints of Bulgarian multilevel tells in the prehistory and comparison with archaeomagnetic observations. *J. Archaeol. Sci.*, 43, 227-238.
- Kostadinova_Avramova, Lesigyarski, D., M., Kovacheva, M. 2014. Archaeomagnetic study of two medieval ovens discovered in the Pliska Palace, North-eastern Bulgaria. *Bulgarian e-Journal of Archaeology*, vol. 4, 35-50.
- Donadini, F., Kovacheva, M., Kostadinova-Avramova, M., 2010. Archaeomagnetic Study of Roman Lime Kilns (1 c. AD) and One Pottery Kiln (1st c. BC – 1st c. AD) at Krivina, Bulgaria, as a Contribution to Archaeomagnetic Dating. *Archaeologia Bulgarica*, XIV, 2, 23-38. ISSN 1310-9537
- Kovacheva, M., Chauvin, A., Jordanova, N., Lanos, Ph. and Karloukovski, V., 2009. Remanence anisotropy effect on the palaeointensity results obtained from various archaeological materials, excluding pottery. *Earth Planets Space*, 61, 711- 32, ISSN: 1880-5981
- Kovacheva, M., Boyadzhiev, Y., Kostadinova-Avramova, M., Jordanova, N. and Donadini, F., 2009. Updated archaeomagnetic data set of the past 8 millennia from the Sofia laboratory, Bulgaria, *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 10, Q05002, doi:10.1029/2008GC002347, ISSN: 1525-2027

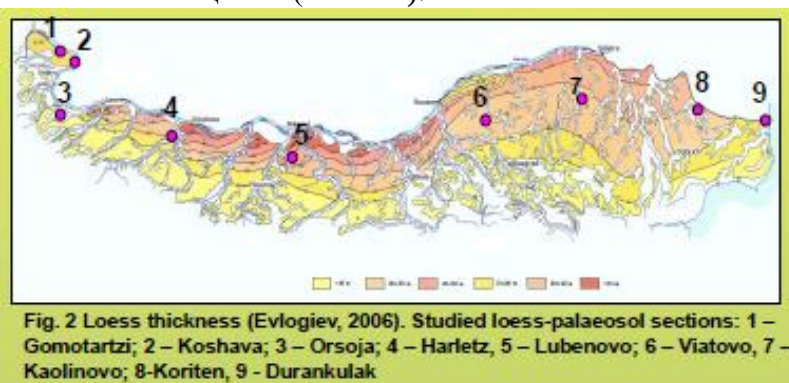
Палеоклиматични реконструкции, базирани на изследване на магнитните свойства и техните вариации за лъсово-почвените седименти от Северна България

Работещи в това направление са: проф. д-р Диана Йорданова; проф. дн Даниела (Нели) Йорданова; гл. ас. П. Петров

Лъсовата покривка в Европа, и в частност – на територията на България, е формирана през глациалния плейстоцен. В резултат на периодичната смяна на глациални (студени) и интерглациални (топли) климатични периоди се формират седиментни разрези с редуващи се лъсови и палеопочвени хоризонти. Образуването на лъсови седименти става през глациалните периоди в резултат на интензивното отлагане на прахов материал, формиран от изветрянето в периглациалните области, липсата на растителност и малкото количество валежи. С настъпването на топла (интерглациална) епоха върху така образувания лъос се развива почва, чиито свойства се определят от климатичните параметри – температура, валежи и тяхното сезонно разпределение, растителната покривка и организмите. Изследването на магнитните свойства на лъсово-почвените седиментни комплекси дава възможност да се получат детайлни данни относно промените в климатичните условия както в рамките на студените, така и в топлите климатични периоди, базирано се на високата чувствителност на концентрацията и магнитните параметри на окисите на желязото към промените в околната среда.

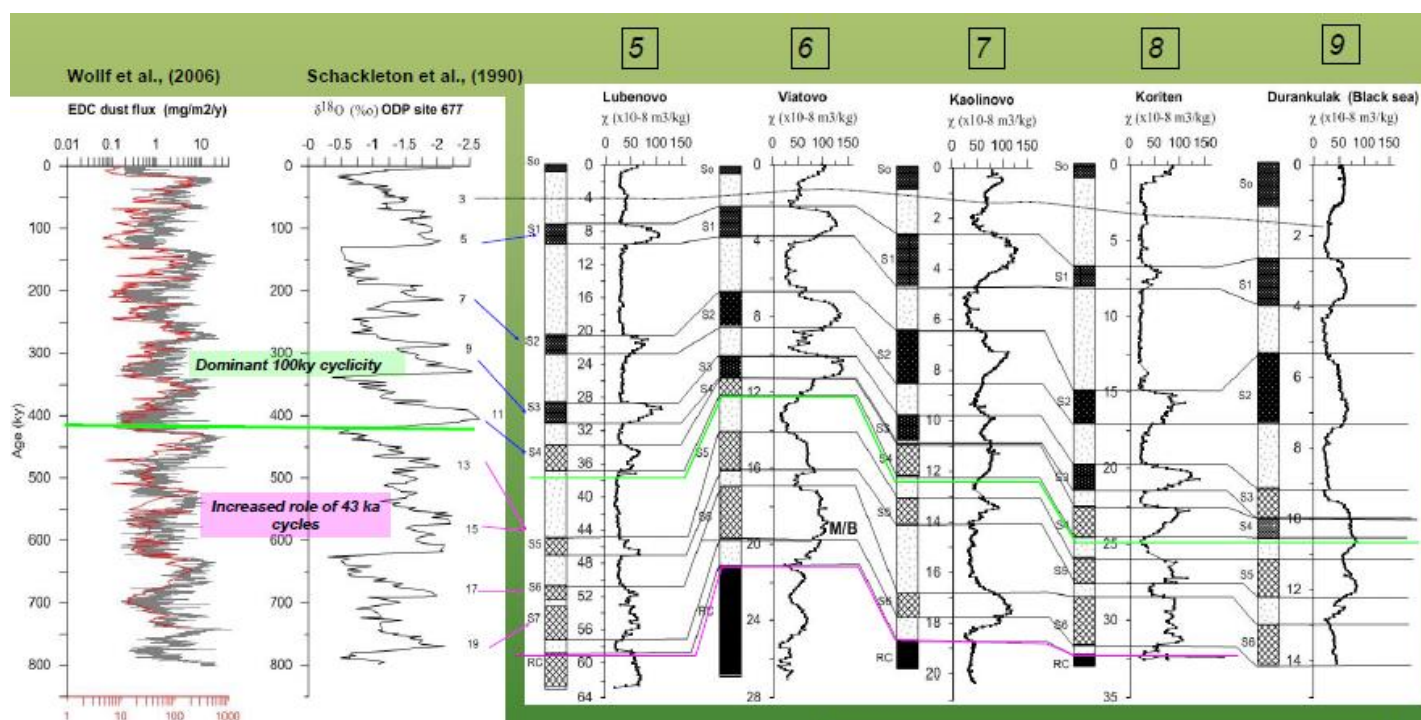
От друга страна, изясняването на хроностратиграфията на лъсово-почвените комплекси е затруднена от липсата на еднозначни биостратиграфски маркери (фауна) и ограниченията на методите за абсолютно датиране (въглероден, луминисцентен, аргон-аргон). Поради това палеомагнитните изследвания и палеоклиматичните реконструкции на базата на вариациите в магнитните свойства на лъсово-почвените разрези са единствените методи, приложими за оценка на времето на формиране на отделните хоризонти.

През последните 15г. са проведени магнитни изследвания на набор от девет лъсово-почвени профили от централна и североизточна България (Фиг. 10). Направена е корелация на лъсовите и палеопочвени хоризонти с вариациите на представителен изотопно-кислороден запис за Атлантическия океан от дълбокоморски седиментни разрези, отразяващ глобалните изменения в температурата на океана предизвикани от климатичните цикли (Фиг. 11).



Фигура 10





Фигура 11

Като значим стратиграфски маркер е използвана установената палеомагнитна граница Брюнес – Матуяма в долната част на шестата погребана почва и долулежащия седми льосов хоризонт на разреза „Вятово“ (Jordanova et al., 2008).

Основни публикации по темата:

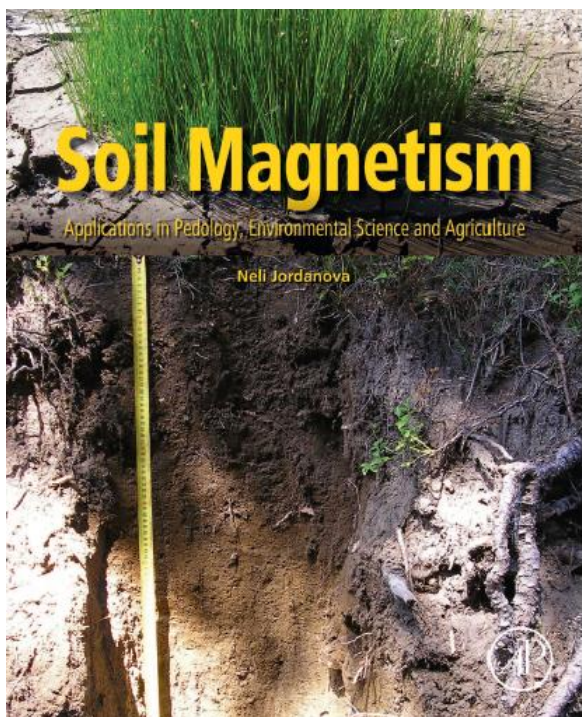
- Jordanova, D. and N. Petersen, 1999. Palaeoclimatic record from loess-soil section in NE Bulgaria. Part I: rock-magnetic properties. *Geophys. J. Int.*, 138, 520-532.
- Jordanova, D. and N. Petersen, 1999. Palaeoclimatic record from loess-soil section in NE Bulgaria. Part II: correlation with the global climatic events during the Pleistocene. *Geophys. J. Int.*, 138, 533-540.
- Avramov, V., Jordanova, D., Hoffmann, V., Roesler, W., 2006. The role of dust source area and pedogenesis in three loess-palaeosol sections from North Bulgaria: a mineral magnetic study. *Studia Geoph. Geodaetica*, 50, 259-282
- Jordanova, D., Hus, J., Geeraerts, R., 2007. Palaeoclimatic implications of the magnetic record from loess/palaeosol sequence Viatovo (NE Bulgaria). *Geophysical Journal International*, 171, 1036-1047; Doi: 10.1111/j.1365-246X.2007.03576.
- Jordanova, D., Hus, J., Evlogiev, J., Geeraerts, R., 2008. Palaeomagnetism of the loess/palaeosol sequence in Viatovo (NE Bulgaria) in the Danube basin. *Phys. Earth Planet. Inter.*, 167, 71-83.
- Jordanova, D., Jordanova, N., Grygar, T., 2011. Rock magnetic and DRS characteristics of loess palaeosol sediments from Bulgaria and their link to palaeo-environmental conditions. In: *The Earth's Magnetic Interior. IAGA Special Sopron Book Series*, Volume 1. Petrovsky, E., Herrero-Bervera, E., Harinarayana, T., Ivers, t. (Eds.). 1st Edition, 2011, XVIII, Springer Science+Buisness Media B.V., 399-412.
- Lomax, J., Fuhs, M., Antoine, P., Rousseau, D.-D., Lagroix, F., Hatte, C., Taylor, S., Till, J., Debret, M., Moine, O., Jordanova, D., 2018. Aluminescence-based chronology for the Harletz loess sequence, Bulgaria. John Wiley & Sons Ltd., in press, DOI:10.1111/bor.12348
- Antoine, P., Gauthier, C., Hatte, C., Rousseau, D.-D., Jordanova, D., Lagroix, F., Till, J., Lomax, J., Fuchs, M., Debret, M., Jordanova, N., Moine, O., Taylor, S., Coutard, S., in press. A remarkable Late Saalian (MIS 6) loess (dust) accumulation in the Lower Danube at Harletz (Bulgaria). *Quaternary Science Reviews*.

Изследване на магнитните свойства на почви от България

Работещи в това направление са: проф. д-р Диана Йорданова; проф. дн Даниела (Нели) Йорданова; гл. ас., д-р Петър Петров

Желязото и формите, под които то съществува в почвата, е един от свързващите елементи между основните кръговрати на Земята – кръговрата на въглерода и кръговрата на прахта. Като съставна част на минералната фракция, железните окиси в почвата играят важна роля за регулиране на процесите на взаимодействие между сухоземните и водни екосистеми, които също взаимодействат и с атмосферата. Основното преимущество на магнитните методи за изследване на железните съединения в почвите е възможността да се идентифицират и характеризират фракции, които съставляват много малка част от общия минерален състав и поради това са под границата на детекция на останалите класически физични методи. Вариациите в дълбочина на различни магнитни параметри служат за прецизна реконструкция на микро условията на околната среда в различните генетични почвени хоризонти.

Голяма част от изследванията по това тематично направление са обобщени в научната монография **„Soil Magnetism. Applications in Pedology, Environmental Science and Agriculture“** от **Neli Jordanova**, издадена от **Academic Press (Elsevier)**, 2016, ISBN:9780128092392



Soil Magnetism Applications in Pedology, Environmental Science and Agriculture

Neli Jordanova

*Full Professor,
National Institute of Geophysics, Geodesy and Geography,
Bulgarian Academy of Sciences,
Sofia Bulgaria*

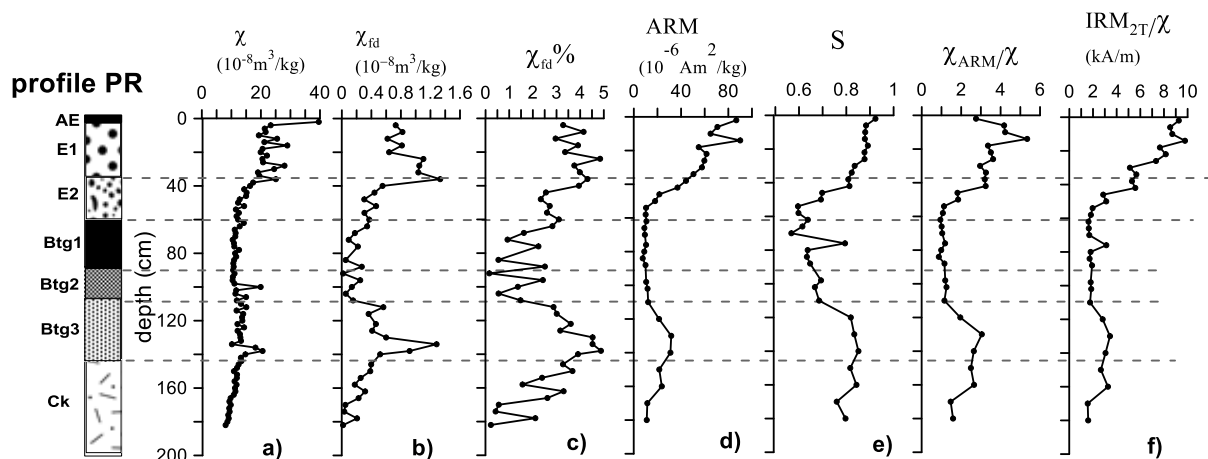


AMSTERDAM • BOSTON • HEIDELBERG • LONDON
NEW YORK • OXFORD • PARIS • SAN DIEGO
SAN FRANCISCO • SINGAPORE • SYDNEY • TOKYO
Academic Press is an imprint of Elsevier



Основните резултати от досегашните изследвания в тази насока могат да се обобщят в следното:

- 1) Направена е детайлна характеристика на вида, концентрацията, размера на зърната, трансформациите и стабилността на магнитната фракция в основните почвени типове на ненарушени почви от територията на България.
- 2) Изследвано е поведението на магнитните характеристики в дълбочина по профилите при детайлно опробване на всеки 2см, което позволява високо разделително проследяване на промените в резултат на измененията във физическите параметри на различните типове почви (Фиг. 12).

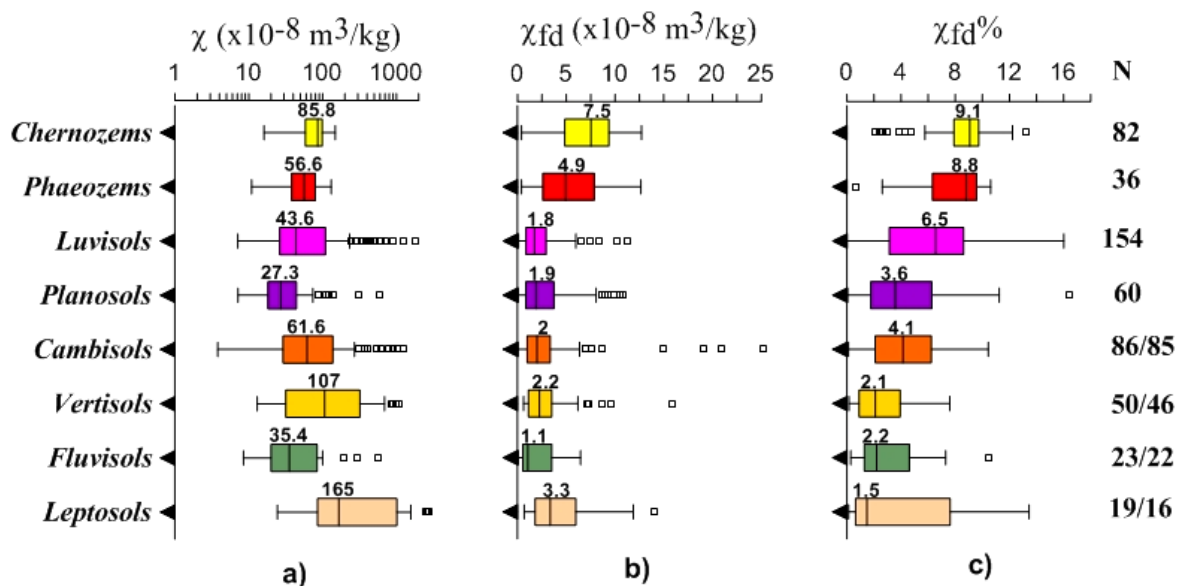


Фигура 12. Вариации на набор от магнитни параметри в дълбочина по почвения профил на псевдоподзолиста почва от района на Приморско. Показани са магнитните параметри: магнитна възприемчивост (χ), честотно-зависима магнитна възприемчивост (χ_{fd}), процент честотно-зависима магнитна възприемчивост ($\chi_{fd}\%$), безхистерезисна намагнитеност (ARM), отношенията на безхистерезисната възприемчивост и магнитната възприемчивост (χ_{ARM}/χ) и изотермичната остатъчна намагнитеност към магнитната възприемчивост (IRM_{2T}/χ).

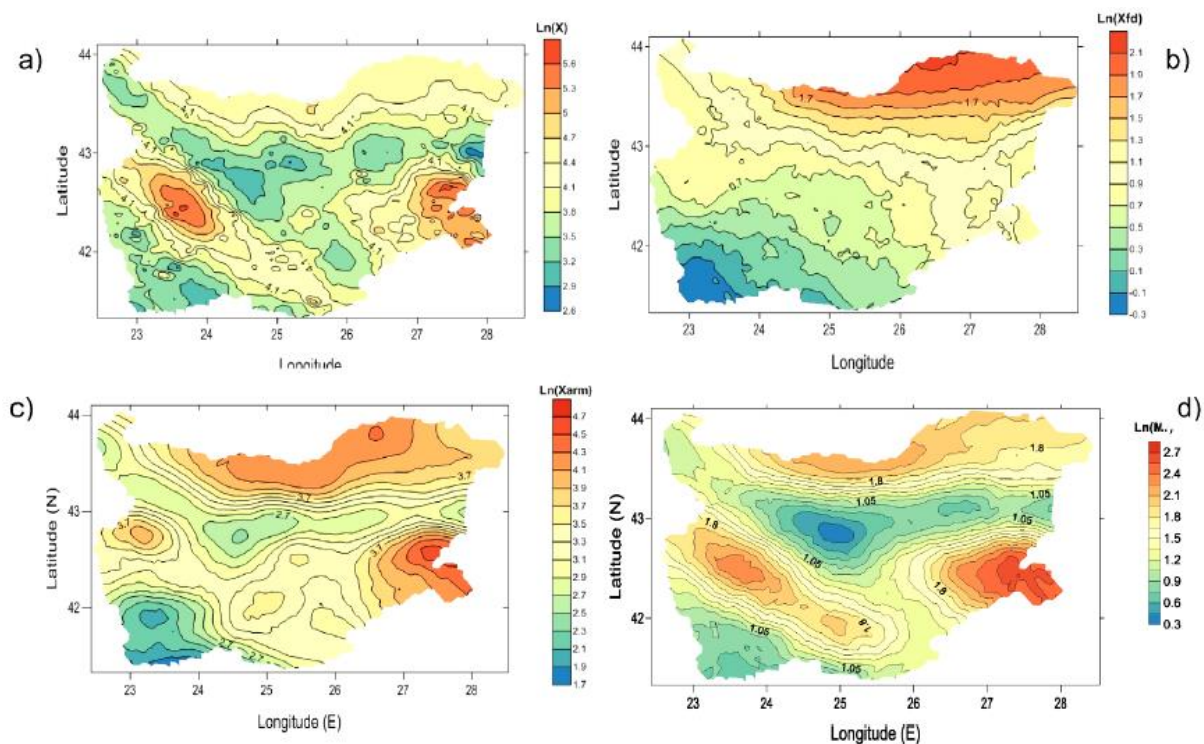
- 3) Изследвана е връзката между магнитния сигнал и геохимичните параметри на почвени проби от различни генетични хоризонти.
- 4) Компилирана е база данни за магнитните свойства на повърхностните (0-20cm) необработваеми почви от територията на България и са построени карти на площното изменение на различни магнитни параметри.
- 5) Магнетизмът на почвите е приложен при изясняване на почвената класификация и оценка на екологичното състояние на различните почви от територията на България.

Магнитните параметри „честотно-зависима магнитна възприемчивост (χ_{fd})” и „процент честотно-зависима магнитна възприемчивост ($\chi_{fd}\%$)” отразяват абсолютното и относително количество на силно-магнитните педогенни минерали в почвените профили и затова са едни от основните характеристики, използвани в изследванията на почвения магнетизъм.

На Фигура 13 са систематизирани някои магнитни параметри за повърхностния слой на основните почвени типове от България. Показани са медианните стойности за съответната характеристика със съответните статистически параметри (range, quartile, outliers). Най-силни вариации в магнитната възприемчивост се наблюдават за почвените типове, за които климатът не играе основна роля – Leptosols, Fluvisols, Vertisols.



Фигура 13. Магнитни характеристики на основните типове почви от България, представени чрез box-and-whiskers-plot – магнитна възприемчивост (χ), честотно-зависима магнитна възприемчивост (χ_{fd}), процент честотно-зависима магнитна възприемчивост ($\chi_{fd}\%$). Броят на образците от всяка група е даден в колоната, означена с „N”.

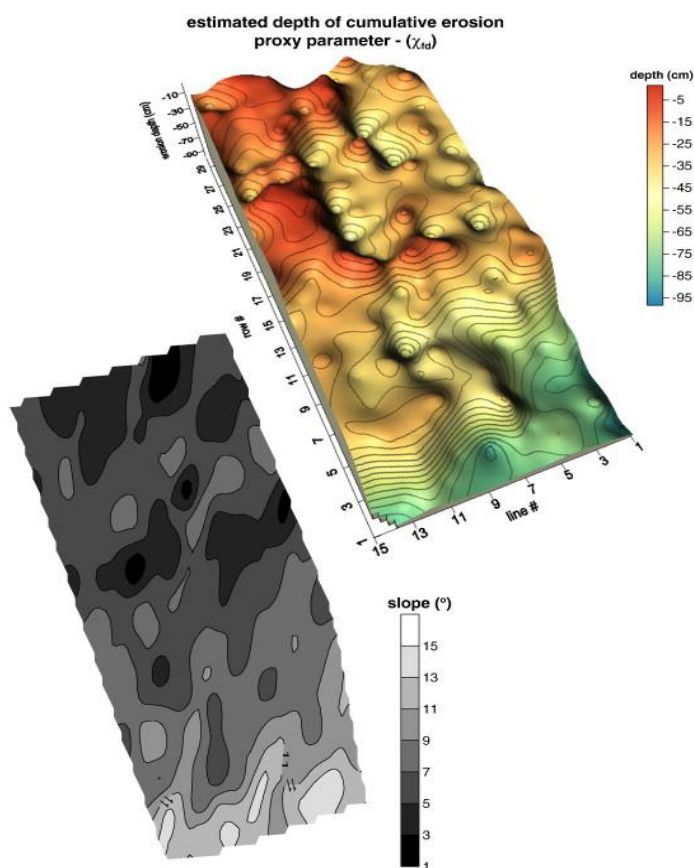


Фигура 14. Интерполирани карти на пространственото разпределение на магнитните характеристики на почвите от повърхностния слой (0-20 см) на територията на България. а) магнитна възприемчивост; б) честотно-зависима магнитна възприемчивост; в) безхистерезисна възприемчивост г) остатъчна намагнитеност на насищане (M_{rs})

Картата на магнитната възприемчивост на повърхностния почвен слой (Фиг. 14a) отразява основните вариации в литологията (т.е. геоложката основа) и съдържанието на силно-магнитни частици от скалообразуващия материал. Магнитните характеристики, отразяващи педогенните магнитни минерали (Фиг. 14b-d) показват различно разпределение, зависещо от климатичните условия.

Оценка на степента на ерозия на земеделски земи чрез магнитни изследвания

Проведено е магнитно картиране на магнитната възприемчивост с мрежа 10x10м на експериментална площ в района на с. Тръстеник. Получената картина на К показва силната чувствителност на метода към локалните особености на площта (наличие на растителност, уплътнение на почвата) освен водещата роля на степента на ерозия и премахване на най-горните почвени нива. Съставени са карти на кумулативните почвени загуби чрез използването на два магнитни параметъра (Фиг. 15). Установено е, че за локалитети от горната част на склона със слаб наклон ($1-5^\circ$) доминира влиянието на орните дейности върху преразпределението на почвените частици. За по-големите наклони от средната и долната част на склона ($11-15^\circ$), водната ерозия води до значителни загуби (отмиване) на почвен материал. Средната изчислена стойност на скоростта на ерозия е $8 - 6.8 \text{ t/ha/y}$, съответстваща на 50г. машинизирано земеделие. Този резултат показва много добро съответствие с оценката на степента на ерозия на почвите в района, получена по стандартните методики в почвотознанието.



Фигура 15. Оценка на почвената ерозия (изразена в см) чрез използване на магнитния параметър „честотно зависима магнитна възприемчивост”. (Jordanova D., Jordanova N., Petrov P., 2014. Pattern of cumulative soil erosion and redistribution pinpointed through magnetic signature of Chernozem soils. Catena, 120, 46-56)

Основни публикации по темата:

- Jordanova D., Jordanova N., Petrov P., Tsacheva, T., 2010. Soil development of three Chernozem-like profiles from North Bulgaria revealed by magnetic studies. *Catena*, 83, 158-169.
- Jordanova N., Jordanova, D., Petrov, P., 2011. Magnetic imprints of pedogenesis in Planosols and Stagnic Alisol from Bulgaria. *Geoderma*, 160, 477-489.
- Jordanova D., Jordanova, N., Atanasova, A., Tsacheva, Ts., Petrov, P., 2011. Soil tillage erosion estimated by using magnetism of soils – a case study from Bulgaria. *Environmental Monitoring and Assessment*, 183 (1-4), 381-394.
- Jordanova, D., Jordanova, N., Werban, U., 2013. Environmental significance of magnetic properties of Gley soils near Rosslau (Germany). *Env. Earth Sci.*, 69 (5), 1719-1732.
- Jordanova, N., Jordanova, D., Liu, Q., Hu, P., Petrov, P., Petrovský, E., 2013. Soil formation and mineralogy of a Rhodic Luvisol - insights from magnetic and geochemical studies. *Global and Planetary Change*, 110, 397-413.
- Jordanova D., Jordanova N., Petrov P., 2014. Pattern of cumulative soil erosion and redistribution pinpointed through magnetic signature of Chernozem soils. *Catena*, 120, 46-56
- Jordanova, N., Jordanova D., Petrov, P., 2016. Soil magnetic properties in Bulgaria at a national scale—Challenges and benefits. *Global and Planetary Change*, 137, 107–122.
- Jordanova, N., Jordanova, D. 2016. Rock-magnetic and geochemical characteristics of relict Vertisols—signs of past climate and recent pedogenic development. *Geophysical Journal International*, 205, 1437-1454.
- Jordanova, N. “Soil Magnetism. Applications in Pedology, Environmental Science and Agriculture”. 1st Edition, Academic Press (Elsevier), 2016, ISBN:9780128092392, 466

Приложение на магнитния метод за бързо и ефективно картиране на степента на замърсяване на почви, седименти и градска среда

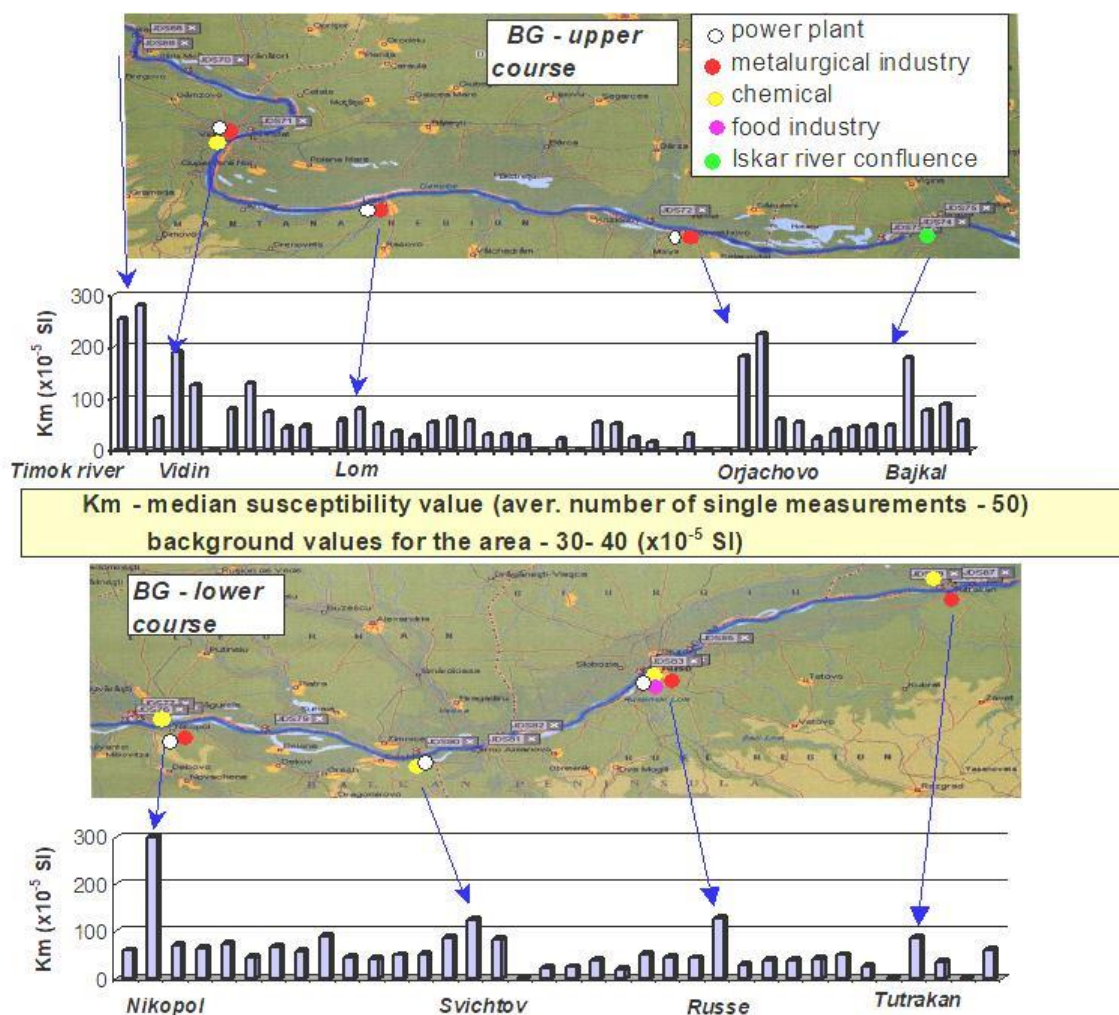
Работещи в това направление са: проф. д-р Диана Йорданова; проф. дн Даниела (Нели) Йорданова; гл. ас., д-р Петър Петров

Замърсяването на околната среда, причинено от различни индустриални дейности причинява значителни вреди върху почвите, въздуха, водите, а също и върху човешкото здраве. През последните години в Европа, а също и у нас се прилага магнитометричен метод за установяване на степента на замърсяването на почви и седименти чрез измерване на един основен магнитен параметър – магнитната възприемчивост. Този параметър отразява концентрацията на силно магнитните окиси на желязото, които присъстват в даден материал. Приложението на магнитометричния метод като оценка на степента на замърсяване на почвите се базира на добре установения факт, че различните отпадни продукти от индустриалните дейности съдържат наред с опасните за човешкото здраве тежки метали, съдържат и магнитни минерали. Доказано е наличието на минерали магнетит, магхемит и хематит в пепели от ТЕЦ, в шлаки от металургични производства и т.н. По този начин, измерванията на магнитната възприемчивост позволяват оценка на степента на замърсяване дори още при теренните измервания.

В много случаи аномално високите стойности на магнитната възприемчивост отразяват наличието на значително замърсяване на почвите и седиментите. Това дава възможност за:

- приложение на метода за предварителна бърза и евтина оценка на екологичната ситуация
- използване на метода за дългосрочно наблюдение на екологичното състояние на даден район
- използване на метода за изследване на растителни проби – колектори на атмосферния пренос на прахови антропогенни замърсители

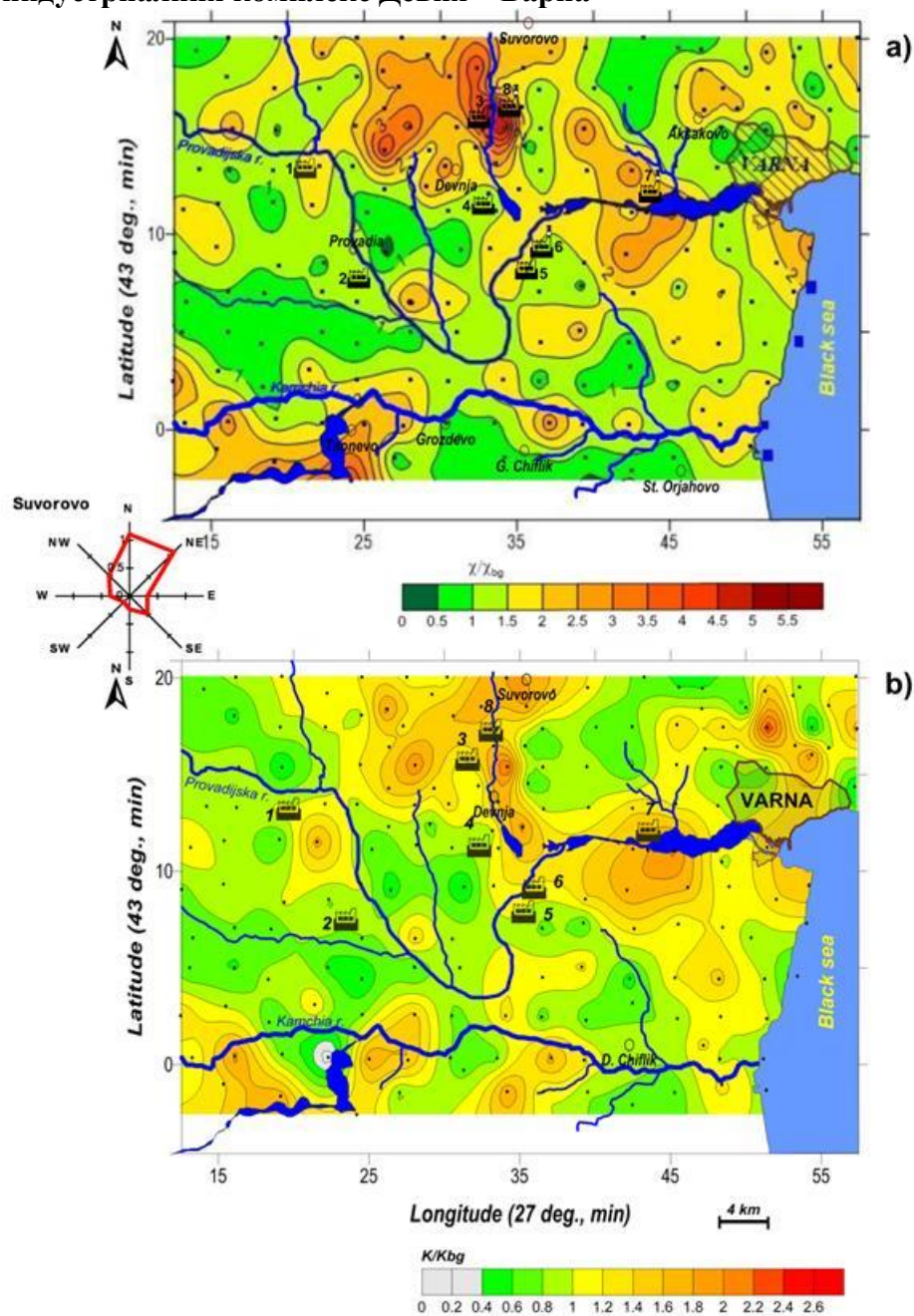
1. Изследване на антропогенното замърсяване на речните седименти от българския участък на р. Дунав



Фигура 16

Магнитната възприемчивост е силно чувствителен параметър, отразяващ кумулативното антропогенно замърсяване на речните седименти.

2. Изследване степента на антропогенно замърсяване на почвите около района на индустриалния комплекс Девня – Варна

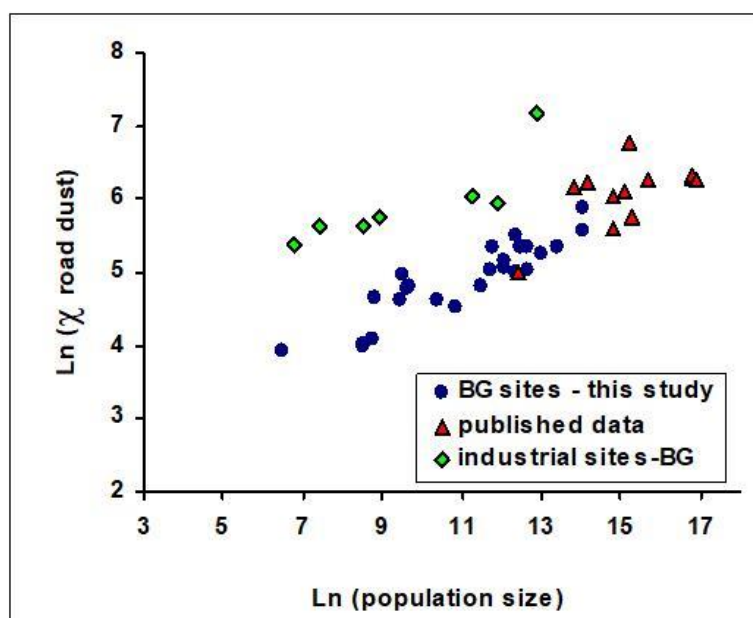
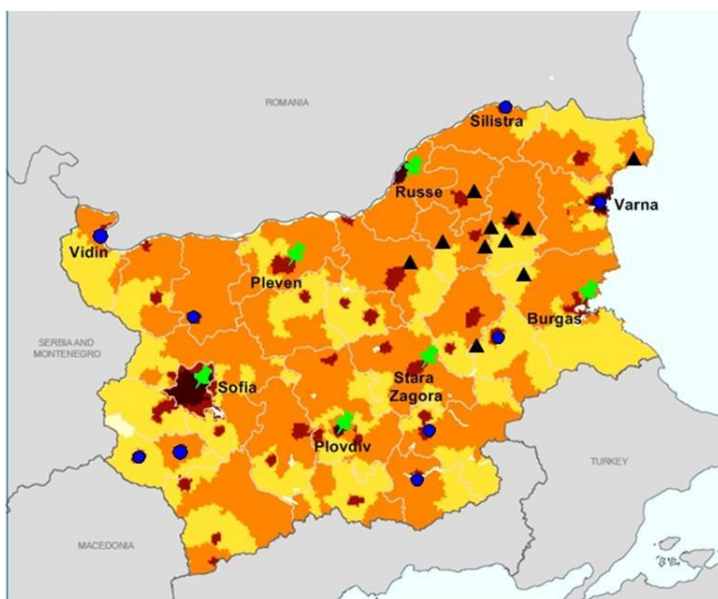


Фигура 17. Оценка на степента на антропогенно замърсяване на почвите чрез лабораторни измервания на магнитните характеристики (a) и чрез теренни измервания на магнитната възприемчивост (b).

3. Изследване степента на замърсяване на градска среда чрез магнитни изследвания на отложена градска прах

Оценката на степента на замърсяване на градска среда е проведена чрез изследване на магнитните характеристики на прах от вътрешни помещения, външна отложена прах, улична прах

- Изследване на улична прах от 26 населени места в България



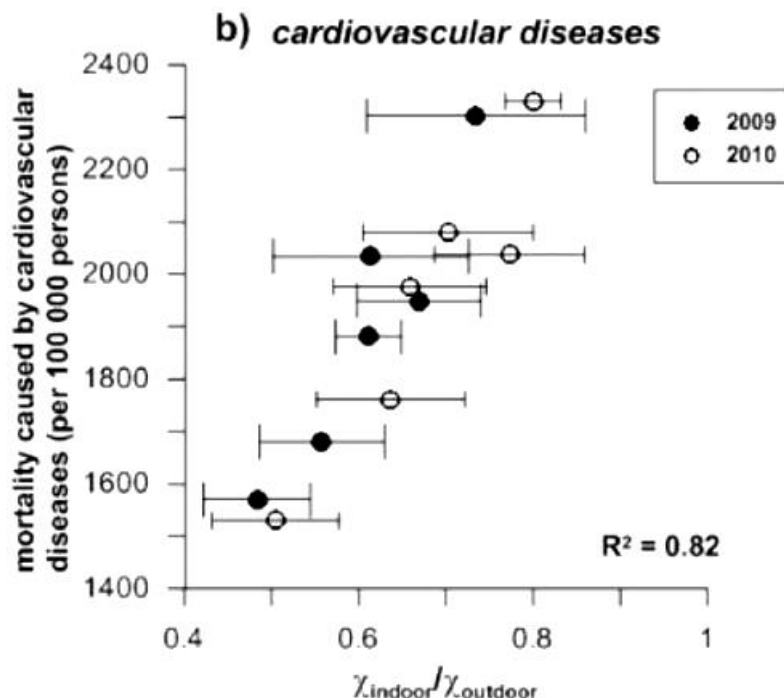
Фигура 18. Магнитната възприемчивост на отложената улична прах показва пряка зависимост от броя на населението в изследваното населено място. Данните за градовете с развита индустриална дейност следват различна зависимост (зелените символи). Резултатите са публикувани в: *Jordanova, D. , Jordanova, N., Petrov, P., 2014.*

Magnetic susceptibility of road deposited sediments at a national scale - Relation to population size and urban pollution. Environmental Pollution 189, 239-251.

Установено е, че увеличеното замърсяване от транспорта е свързано с увеличаване на магнитната възприемчивост на уличната прах. Количеството на емисиите от трафика пряко зависи от броя на преминаващите транспортни средства в даден град (Фиг. 18). Наличието на пряка връзка между магнитната възприемчивост на отложената улична прах и броят на населението в дадено населено място показва, че основният източник на градското замърсяване са емисиите от транспорта.

Връзка на магнитните свойства на градската прах и здравните индикатори

Магнитните изследвания на отложена прах от външни повърхности и от вътрешни помещения са използвани за изследване на връзката на магнетизма на градската прах със здравните индикатори. На Фиг. 19 е показана установената зависимост между отношението на магнитната възприемчивост на прах, събрана от вътрешни помещения към магнитната възприемчивост на външна отложена прах и данните за смъртността поради сърдечно-съдови заболявания, установена при изследвания на редица градове в България. Резултатите са публикувани в: ***Jordanova, D., Jordanova N., Lanos, Ph., Petrov P. Tsacheva Ts. 2012. Magnetism of outdoor and indoor settled dust and its utilization as a tool for revealing the effect of elevated particulate air pollution on cardiovascular mortality. Geochemistry, Geophysics, Geosystems (AGU journals), 13 (8), article Q08Z49, doi:10.1029/2012GC004160***



Фигура 19.

Основни публикации по темата:

- Jordanova, N., Jordanova, D., Veneva, L., Yorova, K., Petrovsky, E., 2003. Magnetic response of soils and vegetation to heavy metal pollution – a case study. *Environmental Science and Technology*, 37, 4417-4424.
- Jordanova, D., Jordanova, N., Hoffmann, V., 2006. Magnetic mineralogy and grain-size dependence of hysteresis parameters of single spherules from industrial waste products. *Phys. Earth Planet. Inter.*, 154, 255-265.
- Jordanova, N., Jordanova D., Tsacheva Ts., 2008. Application of magnetometry for delineation of anthropogenic pollution in areas covered by various soil types. *Geoderma*, 144(3-4), 557-571
- Jordanova, D., Jordanova N., Lanos, Ph., Petrov P. Tsacheva Ts. 2012. Magnetism of outdoor and indoor settled dust and its utilization as a tool for revealing the effect of elevated particulate air pollution on cardiovascular mortality. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems (AGU journals)*, 13 (8), article Q08Z49, doi:10.1029/2012GC004160
- Jordanova D., Goddu S.R., Kotsev T., Jordanova N., 2013. Industrial contamination of alluvial soils near Fe-Pb mining site revealed by magnetic and geochemical studies. *Geoderma* 192, 237-248.
- Jordanova, D., Jordanova, N., Petrov, P., 2014. Magnetic susceptibility of road deposited sediments at a national scale - Relation to population size and urban pollution. *Environmental Pollution* 189, 239-251.
- Jordanova, N., Petrovský, E., Kapicka, A., Jordanova, D., Petrov, P., 2017. Application of magnetic methods for assessment of soil restoration in the vicinity of metallurgical copper-processing plant in Bulgaria. *Environmental Monitoring and Assessment*, 189, Article number 158

Международни проекти:

- 2008 - 2011 “Interactions between soil related sciences – Linking geophysics, soil science and digital soil mapping”, EU-7FP of, Cooperation Project (iSOIL), Contract 211386
- 2005 - 2008 “Environmental applications of soil magnetism for sustainable land use”, SCOPES 2005 - 2008 JRP - cooperation between ETH-Zurich and Geophysical Institute, Proj. No IB7320-110723/1
- 2006 - 2008 “Integrated environmental screening by bioindicators and magnetic proxies”, NATO Collaborative Linkage Grant grant No ESP.EAP.CLG. 982060
- 2004 - 2005 “Magnetic proxies for evaluation of “hot spot” industrial pollution in East Bulgaria”, 6th FP Marie Curie European Reintegration Grant MAPHOPE: MERG-CT-2004-508786
- 2002 - 2005 “Improving the Human Research Potential and the Socio-economic knowledge base”, Training Network AARCH, “Archaeomagnetic Applications for the Rescue of Cultural Heritage”, EU- 5FP, No HPRN-CT-2002-00219
- 2002 - 2004 “Rock magnetic proxies for palaeoclimatic changes in the Carpatho-Danubian area”, NATO Linkage Grant No EST.CLG.978564
- 2001 - 2003 “Magnetic proxy mapping of anthropogenic impacts on low Danube sediments”, 5th FP Marie Curie Fellowship of Dr. Diana Jordanova, contract No HPMF-CT-2000-01084 hosted by the University of Tuebingen
- 2000 - 2003 "New aspects of archaeomagnetic studies involving rock magnetism", SCOPES, Project No JRP 7BUPJ062179

Национални изследователски проекти:

- 2011 - 2013 “Археомagnetизмът – ключ към решаването на фундаментални проблеми в геофизиката и археологията”, Дог. ДМЧ 03/42, МОНТ
- 2008 - 2012 “Геофизични изследвания на нивото на замърсяване на околната среда и влиянието му върху човешкото здраве в урбанизирани области”, Дог. ДО02-193/2008, МОНТ
- 2005 - 2008 “Магнитните свойства на почвите като отражение на екологичното им състояние”, Дог. Н31510/05, МОНТ

Двустранни сътрудничества

- 2012 – 2014 “Soils and palaeosols as an archive of (palaeo)climates”, Bilateral cooperation project BAS - Chinese Academy of Sciences
- 2011 – 2013 “Ecological state of soils evaluated through magnetic methods”, Bilateral cooperation project BAS - Academy of Sciences of Czech Republic (Institute of Geophysics)
- 2006 – 2007 “Magnetic fabric of Strandja and Central Srednogorie plutons (Bulgaria) and structural implications”, Bilateral cooperation project between BAS (Geophysical Institute) and IGP (Paris, France)
- 2004 – 2006 “Comparative palaeointensity study on archaeological specimens from Bulgaria, Finland and Switzerland”, Bilateral cooperation between BAS (Geophysical Institute) and University of Helsinki, Finland
- 2004 – 2005 “Paleomagnetism and magnetic fabric in the Srednogorie zone”, Bilateral cooperation project between BAS (Geophysical Institute) and IGP (Paris, France)